

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①⑫ **Offenl gungsschrift**  
①⑩ **DE 195 04 847 A 1**

②① Aktenzeichen: 195 04 847.4  
②② Anmeldetag: 15. 2. 95  
②③ Offenlegungstag: 28. 9. 95

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 60 K 23/00**  
B 60 K 41/00  
B 60 K 23/02  
F 16 H 61/14  
F 16 H 59/14

DE 195 04 847 A 1

③⑩ Innere Priorität: ③② ③③ ③①  
23.02.94 DE 44 05 719.9 26.05.94 DE 44 18 273.2  
21.07.94 DE 44 25 932.8 24.10.94 DE 44 37 943.9

⑦① Anmelder:  
Luk Getriebe-Systeme GmbH, 77815 Bühl, DE

⑦② Erfinder:  
Salecker, Michael, Dr., 77855 Achem, DE; Wagner,  
Uwe, 77815 Bühl, DE; Reuschel, Michael, 77815 Bühl,  
DE; Rauser, Martin, 77815 Bühl, DE; Müller, Bruno,  
77830 Bühlertal, DE; Wagner, Alfons, 77815 Bühl, DE

⑤④ Steuerverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem und Drehmoment-Übertragungssystem zur  
Durchführung des Steuerverfahrens

⑤⑦ Verfahren und Vorrichtung zum Steuern eines Drehmo-  
mentübertragungssystems.

DE 195 04 847 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern eines Drehmomentübertragungssystems ein Drehmomentübertragungssystem zur Durchführung des Steuerverfahrens und ein Überwachungsverfahren für Drehmomentübertragungssysteme.

Aus der Fahrzeugtechnik ist es bekannt, bei einem Wechsel des Übersetzungsverhältnisses oder eines Ganges zwischen einer Antriebsmaschine und einer Getriebeeinheit notwendige Kupplungsvorgänge mit einem Steuer- oder Regelalgorithmus zu unterstützen oder zu automatisieren. Hierdurch soll die Bedienung der Motoreinheit bzw. Getriebeeinheit erleichtert und der Kupplungsvorgang möglichst materialschonend und energiesparend ausgeführt werden. Weiterhin kann die Ansteuerung eines Drehmomentübertragungssystems, welches einer automatischen Getriebeeinheit nachgeordnet ist, hilfreich sein, um bei beispielsweise Kegelscheibenumschlingungsgetrieben, Verstellvorgänge und Schutzfunktionen zu übernehmen bzw. zu gewährleisten.

Aus der WO 94/04852 ist ein Steuerungsverfahren für Drehmomentübertragungssystem in Verbindung mit einem Automatikgetriebe bekannt. Das Drehmomentübertragungssystem weist eine Leistungsverzweigung mit einem Strömungswandler auf, der parallel zu einer Reibungskupplung angeordnet ist. Bei diesem Verfahren wird ein von einer Motoreinheit geliefertes Antriebsmoment in einen vom Wandler zu übertragenden hydraulischen und einem von der Reibungskupplung, wie Überbrückungskupplung, zu übertragenden mechanischen Anteil zerlegt. Eine zentrale Steuereinheit oder Rechneinheit bestimmt oder berechnet in Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebszustand des Systems, das von der Reibungskupplung jeweils zu übertragende Drehmoment. Das von dem hydraulischen Strömungswandler zu übertragende Restmoment ergibt sich aus der Differenz zwischen dem anliegenden Moment und dem von der Reibungskupplung übertragenem Moment und entspricht direkt einem Schlupf zwischen An- und Abtrieb des Drehmomentübertragungssystems.

Dieses Steuerverfahren ist nur in Verbindung mit einem Automatikgetriebe und einer Überbrückungskupplung einsetzbar. Die Akzeptanz von Automatikgetrieben ist jedoch in vielen Einsatzbereichen nur gering. Außerdem ist eine derartige Überbrückungskupplung kostenintensiv und platzaufwendig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein möglichst universell einsetzbares Steuerverfahren von hoher Steuergüte mit deutlich verbessertem Lastwechselverhalten für Drehmomentübertragungssysteme zu schaffen. Zusätzlich sollen Kostenvorteile gegenüber herkömmlichen Drehmomentübertragungssystemen gewonnen werden. Darüber hinaus soll ein Drehmomentübertragungssystem zur Durchführung eines derartigen Steuerverfahrens geschaffen werden.

Diese Aufgabe ist dadurch gelöst, daß das von einer An- auf eine Abtriebsseite eines Drehmomentübertragungssystems mit oder ohne Leistungsverzweigung übertragbare Kupplungsmoment als Steuergröße benutzt wird, wobei diese Steuergröße in Abhängigkeit eines Antriebsmomentes berechnet und/oder bestimmt wird.

Hierdurch ist das Konzept einer Momentennachführung verwirklicht. Die Grundidee eines derartigen Verfahrens liegt darin, das Stellglied überwiegend so anzusteuern, daß das von den drehmomentübertragenden Teilen übertragbare Kupplungsmoment überwiegend knapp über oder unter dem auf der Abtriebsseite des Drehmomentübertragungssystems anstehenden Antriebsmoment liegt.

Ein Drehmomentübertragungssystem muß im allgemeinen auf das zwei- bis dreifache des maximalen Antriebsmomentes einer Antriebsmaschine, wie Motor, ausgelegt sein. Das betriebstypische Antriebsmoment liegt jedoch bei einem Bruchteil des maximalen Antriebsmomentes. Die Momentennachführung erlaubt es, statt einer quasi ständigen hohen Überanpressung nur den tatsächlich benötigten Kraftschluß zwischen den drehmomentübertragenden Teilen zu erzeugen.

Ein weiterer Vorteil liegt in der Verwendung eines Steuerverfahrens. Im Unterschied zu einer Regelung ist die Rückführung von Zustandsgrößen des Drehmomentübertragungssystems nicht zwingend erforderlich. Sie dient allein einer etwaigen Erhöhung der Steuergüte, wird aber nicht zur Herstellung der Funktion des Drehmomentübertragungssystems benötigt. Die Aufgabe eines derartigen Drehmomentübertragungssystems ist die Übertragung von Drehmomenten. Es ist daher sinnvoll, das übertragbare Kupplungsmoment als Steuergröße einzusetzen.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Verfahren zum Steuern eines Drehmomentübertragungssystems mit oder ohne Leistungsverzweigung, welches das von einer An- auf eine Abtriebsseite des Drehmomentübertragungssystems übertragbare Moment steuert, ein Sensoriksystem zur Meßwerterfassung und eine damit in Verbindung stehende zentrale Steuer- oder Rechneinheit umfaßt, wobei das von dem Drehmomentübertragungssystem übertragbare Drehmoment derart angesteuert wird, daß das übertragbare Drehmoment als Funktion eines Antriebsmomentes berechnet, adaptiert und gesteuert wird und Abweichungen vom Idealzustand durch Korrekturen langfristig ausgeglichen werden.

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn ein Verfahren angewendet wird, welches zum Steuern eines Drehmomentübertragungssystems, insbesondere für Kraftfahrzeuge, dient, wobei das Drehmomentübertragungssystem einer Antriebsmaschine im Kraftfluß nachgeschaltet und einer Übersetzungsveränderlichen Einrichtung, wie Getriebe, im Kraftfluß vor- oder nachgeschaltet ist und daß von einer An- auf eine Abtriebsseite des Drehmomentübertragungssystems übertragbare Drehmoment steuert, eine Steuer- oder Rechneinheit umfaßt, welche mit Sensoren und/oder anderen Elektroneinheiten in Signalverbindung steht, wobei das von dem Drehmomentübertragungssystem übertragbare Drehmoment als Funktion eines Antriebsmomentes berechnet und adaptiv gesteuert wird und Abweichungen vom Idealzustand durch Korrekturen langfristig ausgeglichen werden.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung kann die Steuergröße mittels eines Stellgliedes, welchem eine vom übertragbaren Kupplungsmoment funktional abhängige Stellgröße vorgegeben wird, derart angesteuert werden, daß das übertragbare Kupplungsmoment stets innerhalb eines vorgebbaren Toleranzbandes um eine Rutschgrenze liegt, wobei diese Rutschgrenze dann erreicht ist, wenn die Wirkung eines antriebsseitig anstehen-

den Drehmoments, das von den drehmomentübertragenden Teilen übertragbare Kupplungsmoment, übersteigt.

Insbesondere kann das Verfahren gemäß dieser Ausgestaltung derart durchgeführt werden, daß das von einem Drehmomentübertragungssystem, wie Reibungskupplung und/oder hydrodynamische Strömungswandler mit oder ohne Wandlerüberbrückungskupplung und/oder Anfahrkupplung für automatische Getriebe und/oder Wendesatzkupplung und/oder vor- oder nachgeschaltetes Drehmomentübertragungssystem eines stufenlos einstellbaren Getriebes, wie Kegelscheibenumschlingungsgetriebe, übertragbare Drehmoment als Funktion eines Antriebsmomentes derart gesteuert werden, daß bei Systemen mit Leistungsverzweigung, wie hydrodynamischer Strömungswandler mit Wandlerüberbrückungskupplung, das von der Kupplung übertragbare Drehmoment nach der Momentengleichung

$$M_{KSoll} = K_{ME} \cdot M_{AN} \text{ und} \\ M_{Hydro} = (1 - K_{ME}) \cdot M_{AN}$$

wobei diese beiden Gleichungen für  $K_{ME} \leq 1$  gelten und

$$M_{KSoll} = K_{ME} \cdot M_{AN} \text{ und} \\ M_{Hydro} = 0$$

für  $K_{ME} > 1$  gilt mit

$K_{ME}$  = Momentenaufteilungsfaktor

$M_{KSoll}$  = Kupplungs-Soll-Moment

$M_{AN}$  = anliegendes Moment

$M_{Hydro}$  = vom hydrodynamischen Strömungswandler übertragenes Moment

ermittelt wird und eine Momentendifferenz zwischen dem von dem Antriebsaggregat an dem Drehmomentübertragungssystem anliegendem Moment  $M_{AN}$  und dem von der Kupplung übertragbaren Moment  $M_{KSoll}$  durch den hydrodynamischen Strömungswandler übertragen wird, wobei sich ein minimaler Schlupf zwischen An- und Abtrieb des Drehmomentübertragungssystems in Abhängigkeit des Momentenaufteilungsfaktors  $K_{ME}$  selbständig einstellt und Abweichungen vom Idealzustand adaptiv erfaßt, verarbeitet und langfristig ausgeglichen werden.

Eine weitere erfindungsgemäße Verfahrensvariante sieht vor, daß das von dem Drehmomentübertragungssystem übertragbare Drehmoment als Funktion eines Antriebsmomentes derart gesteuert wird, daß bei Systemen ohne Leistungsverzweigung, wie Reibungskupplung und/oder Anfahrkupplung und/oder Wendesatzkupplung und/oder Drehmomentübertragungssystem eines automatischen Getriebes oder eines stufenlos einstellbaren Getriebes, wie Kegelscheibenumschlingungsgetriebes, das von der Reibungskupplung oder Anfahrkupplung übertragbare Drehmoment

$$M_{KSoll} = K_{ME} \cdot M_{AN}$$

ermittelt wird und für  $K_{ME} \geq 1$  eine definierte Überanpressung der drehmomentübertragenden Teile erfolgt.

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn das von einem Drehmomentübertragungssystem übertragbare Drehmoment als Funktion eines Antriebsmomentes derart gesteuert wird, daß bei Systemen ohne Leistungsverzweigung, wie Reibungskupplung und/oder Anfahrkupplung und/oder Drehmomentübertragungssystem eines automatischen Getriebes und/oder eines stufenlos einstellbaren Kegelscheibenumschlingungsgetriebes, daß von dem Drehmomentübertragungssystem übertragbare Drehmoment

$$M_{KSoll} = K_{ME} \cdot M_{AN} + M_{Sicher}$$

ermittelt wird und für  $K_{ME} < 1$  eine fiktive Leistungsverzweigung durch eine unterlagerte Steuerschleife das Verhalten eines parallel geschalteten Drehmomentübertragungssystems, wie hydrodynamischen Strömungswandler, nachbildet und ein Anteil des übertragbaren Drehmoments über die Momentensteuerung angesteuert wird und das restliche Drehmoment über ein Sicherheitsmoment  $M_{Sicher}$  schlupfabhängig nachgesteuert wird.

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn das Sicherheitsmoment  $M_{Sicher}$  in Abhängigkeit eines jeden Betriebspunktes eingestellt wird.

Ebenso kann es vorteilhaft sein, wenn das Sicherheitsmoment  $M_{Sicher}$  in funktioneller Abhängigkeit des Schlupfes  $\Delta n$  oder der Drosselklappenstellung  $d$  nach

$$M_{Sicher} = f(\Delta n, d)$$

ermittelt und/oder angesteuert wird.

Ebenso kann es zweckmäßig sein, wenn das Sicherheitsmoment  $M_{Sicher}$  nach

$$M_{Sicher} = \text{Const.} \cdot \Delta n$$

ermittelt wird und/oder angesteuert wird.

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn der Momentenaufteilungsfaktor  $K_{ME}$  über den gesamten Betriebsbereich des Antriebsstranges konstant ist.

Ebenso kann es vorteilhaft sein, wenn der Momentenaufteilungsfaktor  $K_{ME}$  einen aus dem jeweiligen Be-

triebspunkt heraus ermittelten individuellen Wert annimmt und/oder zumindest in einem Teilbereich des Betriebsbereiches einen jeweils konstanten Wert annimmt, wobei der in unterschiedlichen Teilbereichen eingestellte Wert unterschiedlich sein kann.

5 Dadurch ist es in vorteilhafter Weise möglich, den gesamten Betriebsbereich in Teilbereiche aufzuteilen, wobei in einem jeweiligen Teilbereich der  $K_{ME}$ -Wert als konstant gehalten wird und der konstant gehaltene  $K_{ME}$ -Wert von Betriebsbereich zu Betriebsbereich variieren kann.

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn der Wert des Momentenaufteilungsfaktors  $K_{ME}$  in einem von der Antriebsdrehzahl und/oder der Fahrzeuggeschwindigkeit abhängigen funktionellen Zusammenhang steht.

10 Entsprechend des erfindungsgemäßen Gedankens kann es vorteilhaft sein, wenn der Wert des Momentenaufteilungsfaktors  $K_{ME}$  von der Drehzahl des Antriebsaggregates alleine abhängt.

Ebenso kann es vorteilhaft sein, wenn der Wert des Momentenaufteilungsfaktors zumindest in einem Teilbereich des gesamten Betriebsbereiches sowohl von der Drehzahl als auch vom Drehmoment des Antriebsaggregates abhängig ist.

15 Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn der Wert des Momentenaufteilungsfaktors  $K_{ME}$  sowohl von der Antriebsdrehzahl als auch vom Drehmoment des Antriebsaggregates abhängig ist.

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn im wesentlichen zu jedem Zeitpunkt ein bestimmtes Soll-Kupplungsmoment von dem Drehmoment-Übertragungssystem übertragen wird. Dabei kann es zweckmäßig sein, wenn das übertragbare Kupplungsmoment dem anstehenden Moment nachgeführt wird.

20 Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, daß die Anpressung des Drehmoment-Übertragungssystems nicht ständig auf dem Höchstwert gehalten werden muß. Nach dem Stand der Technik wird ein Drehmomentübertragungssystem, wie Kupplung, mit einem Mehrfachen des nominalen Motormoments beaufschlagt.

Bei einem automatisierten Drehmomentübertragungssystem führt die Nachführung des übertragbaren Drehmoments dazu, daß der Steller bzw. Aktor nicht nur Öffnungs- und Schließvorgänge während des Schaltens und Anfahrens ansteuert, sondern das der Steller das übertragbare Drehmoment in jedem Betriebspunkt auf einen Wert 25 einstellt, welcher zumindest im wesentlichen dem Sollwert entspricht.

Damit der Steller bzw. der Aktor bei der Nachführung nicht ständig aktiv sein muß, kann es zweckmäßig sein, wenn das übertragbare Drehmoment der Drehmomentübertragungssystems mit einer Überanpressung angesteuert wird und die Überanpressung innerhalb eines geringen Streubandes in bezug auf den Sollwert liegt.

30 Zweckmäßig kann es sein, wenn die Überanpressung  $\Delta M$  vom Betriebspunkt abhängig ist. Insbesondere kann es vorteilhaft sein, wenn der Betriebsbereich in Teilbereiche aufgeteilt wird und die Anpressung und/oder die maximale Überanpressung für jeden Teilbereich festgelegt wird.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann es vorteilhaft sein, wenn die Anpressung und/oder die Überanpressung und/oder das übertragbare Kupplungsmoment zeitlich veränderlich angesteuert wird.

35 Ebenso kann es nach dem erfinderischen Gedanken vorteilhaft sein, wenn das einzustellende übertragbare Kupplungsmoment einen Mindestwert  $M_{Min}$  nicht unterschreitet. Das Mindestmoment kann vom Betriebspunkt und/oder von dem momentanen Betriebsbereich und/oder von der Zeit abhängen.

Weiterhin kann die Momentennachführung mittels einer Kombination von einer zeitlich veränderlichen, betriebspunktspezifischen Nachführung mit einem Mindestwert zweckmäßig durchgeführt werden.

40 Nach dem erfinderischen Gedanken kann es vorteilhaft sein, wenn ein Betriebspunkt oder ein jeweiliger Betriebszustand eines Drehmomentübertragungssystems und/oder einer Brennkraftmaschine aus den aus Meßsignalen ermittelten oder berechneten Zustandsgrößen, wie in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und des Drosselklappenwinkels, in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und dem Kraftstoffdurchsatz, in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und dem Saugrohrunterdruck, in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und der Einspritzzeit oder in Abhängigkeit der Temperatur und/oder des Reibwertes und/oder des Schlupfes und/oder des Lasthebels und/oder des Lasthebelgradienten bestimmt wird.

45 In vorteilhafter Weise kann bei einem Drehmomentübertragungssystem mit antriebsseitig angeordneter Brennkraftmaschine das Antriebsmoment der Brennkraftmaschine aus zumindest einer der Zustandsgrößen des Betriebspunktes, wie Motordrehzahl, Drosselklappenwinkel, Kraftstoffdurchsatz, Saugrohrunterdruck, Einspritzzeit oder Temperatur bestimmt werden.

50 Eine nochmals andere Verfahrensvariante sieht vor, daß das an dem Drehmomentübertragungssystem antriebsseitig anliegende Drehmoment  $M_{AN} \cdot K_{ME}$  mit einer der Dynamik des Systems Rechnung tragenden Abhängigkeit beeinflußt und/oder verändert wird, wobei die Dynamik des Systems durch das dynamische Verhalten aufgrund von Massenträgheitsmomenten und/oder Freiwinkeln und/oder Dämpfungselementen verursacht werden kann.

55 Vorteilhaft kann es sein, wenn Mittel vorhanden sind, welche die Dynamik des Systems gezielt einschränken oder beeinflussen.

Ebenso kann es vorteilhaft sein, wenn die Dynamik des Systems zur Beeinflussung von  $M_{AN} \cdot K_{ME}$  in einer Form der Gradientenbegrenzung realisiert wird.

Die Gradientenbegrenzung kann als Limitierung eines zulässigen Inkrements realisiert sein.

60 Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn die Gradientenbegrenzung dadurch realisiert ist, daß die zeitliche Veränderung und/oder daß zeitlich veränderte Anstiegen eines Signales mit einer maximal erlaubten Rampe oder Rampenfunktion verglichen wird und bei Überschreitung des maximal zulässigen Inkrements, das Signal durch ein Ersatzsignal ersetzt wird, welches mit einer zuvor definierten Rampe inkrementiert wird.

65 Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn die Beeinflussung oder Begrenzung der Dynamik des Systems nach dem Prinzip eines zeitlich dynamischen und/oder veränderbaren Filters ausgelegt ist, wobei die charakteristischen Zeitkonstanten und/oder Verstärkungen zeitlich veränderlich und/oder vom Betriebspunkt abhängig sind.

In vorteilhafter Weise kann die Dynamik des Systems mit einem  $PT_1$ -Filter berücksichtigt und/oder bearbeitet werden.

Ebenfalls kann es vorteilhaft sein, wenn die Dynamik des Systems sich durch eine Maximumbegrenzung auszeichnet, wobei bei einer Überschreitung eines gewissen Grenzwertes der Sollwert durch den Grenzwert repräsentiert wird und entsprechend der Sollwert einen maximalen Wert, welcher durch den Grenzwert repräsentiert wird, nicht überschreitet.

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn zumindest zwei Mittel der Beeinflussung des Systems, wie eine Gradientenbegrenzung und eine Filterstufe, in Reihe geschaltet sind. 5

Ebenso kann es vorteilhaft sein, wenn zumindest zwei Mittel der Beeinflussung der Dynamik des Systems wie eine Gradientenbegrenzung und ein Filter parallel geschaltet sind.

Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die Dynamik der Brennkraftmaschine und die Dynamik der Nebenverbraucher, welche eine Leistungsverzweigung verursachen, bei der Bestimmung des Antriebsmoments  $M_{AN}$  berücksichtigt werden. In diesen Fällen ist es insbesondere vorteilhaft, wenn die Massenträgheitsmomente der jeweiligen Schwungmassen und/oder Elemente zur Berücksichtigung der Dynamik der Brennkraftmaschine herangezogen werden. 10

Ebenso kann es vorteilhaft sein, wenn das Einspritzverhalten der Brennkraftmaschine zur Berücksichtigung der Dynamik der Brennkraftmaschine herangezogen und/oder zugrundegelegt wird. 15

Ebenfalls im Rahmen des erfindungsgemäßen Steuerverfahrens können Abweichungen vom Idealzustand durch die Berücksichtigung der Nebenverbraucher und/oder die Korrektur und/oder die Kompensation von Störungen und/oder Störquellen langfristig ausgeglichen werden.

Vorteilhaft kann es sein, wenn das an dem Drehmomentübertragungssystem eingangsseitig anliegende Drehmoment als eine Differenz zwischen dem Motormoment  $M_{mot}$  und der Summe der aufgenommenen oder abgezweigten Drehmomente der Nebenverbraucher detektiert und/oder berechnet wird. Als Nebenverbraucher können beispielsweise die Klimaanlage und/oder die Lichtmaschine und/oder Servopumpen und/oder Lenkhilfpumpen berücksichtigt werden. 20

Entsprechend des erfinderischen Gedankens kann es vorteilhaft sein, wenn zur Bestimmung des Wertes des Motormoments  $M_{mot}$  Systemzustandsgrößen, wie die Motordrehzahl und der Drosselklappenwinkel, die Motordrehzahl und der Kraftstoffdurchsatz, die Motordrehzahl und der Saugrohrunterdruck, die Motordrehzahl und die Einspritzzeit, die Motordrehzahl und der Lasthebel herangezogen werden. 25

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn mit Hilfe von Systemzustandsgrößen das Motormoment  $M_{mot}$  aus einem Motorkennfeld ermittelt wird. Entsprechend kann es vorteilhaft sein, wenn zur Bestimmung des Motormoments  $M_{mot}$  Systemzustandsgrößen herangezogen werden und das Motormoment durch die Lösung von zumindest einer Gleichung oder eines Gleichungssystems bestimmt wird. Die Lösung der Gleichung oder des Gleichungssystems kann numerisch durchgeführt werden und oder anhand von Kennfelddaten ermittelt werden. 30

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn die Momentenaufnahme bzw. die Leistungsverzweigung der Nebenverbraucher aus Meßgrößen, wie Spannungs- und/oder Strommeßwerten der Lichtmaschine und/oder Einschaltsignalen der jeweiligen Nebenverbraucher und/oder anderen den Betriebszustand der Nebenverbraucher angezeigenden Signalen bestimmt wird. 35

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn die Momentenaufnahme der Nebenverbraucher mit Hilfe von Meßgrößen aus Kennfeldern der jeweiligen Nebenverbraucher bestimmt wird. Ebenfalls kann die Momentenaufnahme der Nebenverbraucher durch die Lösung zumindest einer Gleichung oder eines Gleichungssystems bestimmt werden. 40

Nach dem erfinderischen Gedanken kann es zweckmäßig sein, wenn das korrigierte übertragbare Kupplungsmoment nach der Momentengleichung

$$M_{KSoll} = K_{ME} \cdot (M_{AN} - M_{Korr}) + M_{Sicher}$$

bestimmt werden kann und das Korrekturmoment  $M_{Korr}$  sich aus einem Korrekturwert ergibt, welcher von der Summe, der von den Nebenaggregaten aufgenommenen oder verzweigten Momenten abhängig ist. 45

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn eine Korrektur von Störungen durchgeführt wird, welche Auswirkungen auf meßbare Systemeingangsgrößen haben. 50

Insbesondere kann es für das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhaft sein, wenn meßbare Störgrößen erfaßt und/oder identifiziert werden und durch eine Parameteradaption und/oder eine Systemadaption zumindest teilweise kompensiert und/oder korrigiert werden. Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn meßbare Systemeingangsgrößen benutzt werden, um Störgrößen zu identifizieren und/oder durch Parameteradaption und/oder Systemadaption zu korrigieren und/oder zumindest teilweise zu kompensieren. 55

Um eine Störgröße zu identifizieren und/oder mit Hilfe einer Parameteradaption und/oder Systemadaption zu korrigieren und/oder zumindest teilweise zu kompensieren, können Systemeingangsgrößen, wie beispielsweise Temperaturen, Drehzahlen, Reibwert und/oder Schlupf als Größen verwendet werden.

Insbesondere kann es für das Verfahren vorteilhaft sein, wenn eine Kompensation und/oder Korrektur von meßbaren Störgrößen durch Adaption des Motorkennfeldes durchgeführt wird. 60

In diesen Fällen kann es durchaus der Fall sein, daß eine Störgröße beobachtet oder registriert wird, die ursächlich nicht mit dem Motorkennfeld in Zusammenhang stehen muß, jedoch eine Korrektur dieser Störgröße durch eine Adaption des Motorkennfeldes vorteilhaft sein kann. In diesem Falle wird nicht die Ursache der Störgröße korrigiert oder kompensiert.

Vorteilhaft kann es weiterhin sein, wenn aus einem Vergleich zwischen Kupplungs-Soll-Moment und Kupplungs-Ist-Moment ein Korrekturkennlinienfeld erzeugt wird und für den jeweiligen Betriebspunkt ein Korrekturwert ermittelt wird bzw. ermittelbar ist, welcher additiv und/oder multiplikativ mit dem Wert des Motormoments aus dem Motorkennfeld verknüpft wird. 65

Weiterhin kann es besonders zweckmäßig sein, wenn anhand einer in einem Betriebspunkt ermittelten Abweichung zwischen Sollwerten- und Istwertanalysen und/oder Maßnahmen eingeleitet werden, um Abweichungen und/oder Korrekturwerte in anderen Betriebspunkten des gesamten Betriebsbereiches zu berechnen und/oder festzulegen.

5 Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn anhand einer in einem Betriebspunkt ermittelten Abweichung Analysen und/oder Maßnahmen eingeleitet werden, um Abweichungen und/oder Korrekturwerte in anderen Betriebspunkten eines begrenzten Betriebsbereiches zu berechnen oder festzulegen. In bezug auf das Verfahren kann es vorteilhaft sein, wenn die begrenzten Betriebsbereiche in Abhängigkeit des Kennfeldes festgelegt werden.

10 In vorteilhafter Weise kann eine Ausführungsform der Erfindung dadurch gekennzeichnet sein, daß die Analysen und/oder Maßnahmen zur Bestimmung und/oder Berechnung von Abweichungen und Korrekturwerten in den weiteren Betriebspunkten den gesamten oder einen eingeschränkten Betriebsbereich berücksichtigen.

Vorteilhaft kann weiterhin sein, wenn die Analysen und/oder Maßnahmen zur Berechnung von Abweichungen und/oder Korrekturwerten in den weiteren Betriebspunkten nur Teilbereiche um den aktuellen Betriebspunkt erfassen. Insbesondere kann es vorteilhaft sein, wenn die Analysen und/oder Maßnahmen zur Bestimmung und/oder Berechnung von Abweichungen und/oder Korrekturwerten in den weiteren Betriebspunkten derart durchgeführt werden, daß Gewichtungsfaktoren unterschiedliche Bereiche des gesamten Betriebsbereiches unterschiedlich bewerten oder gewichten.

Vorteilhaft kann es sein, wenn die Gewichtungsfaktoren als Funktion des Betriebspunktes gewählt und/oder berechnet werden. Ebenfalls kann es vorteilhaft sein, daß die Gewichtungsfaktoren von der Art der Störgröße und/oder von der Ursache der Störung abhängen können.

Weiterhin kann es insbesondere vorteilhaft sein, wenn nach der Bestimmung des Korrekturwertes und/oder nach der Gewichtung des Korrekturkennfeldes dem Korrekturwert ein Zeitverhalten aufgeprägt wird. Dieses Zeitverhalten kann beispielsweise das dynamische Verhalten des Systems berücksichtigen.

25 Vorteilhaft kann es sein, wenn das Zeitverhalten durch eine Taktfrequenz, eine Abtastung des Korrekturwertes bestimmt wird und/oder das Zeitverhalten durch zumindest einem digitalen und/oder analogen Filter bestimmt wird.

Insbesondere kann es bei der Ausgestaltung der Erfindung vorteilhaft sein, wenn für unterschiedliche Störgrößen und/oder unterschiedliche Störquellen das Zeitverhalten variiert wird, d. h. im Falle der Verwendung eines jeweiligen Filters die Parameter der Filter in Abhängigkeit der Art und Weise der Störquelle eingestellt werden. Die Zeitkonstanten und Verstärkungen der Filter werden somit auf die jeweiligen Störquellen angepaßt, um eine möglichst optimale Adaption zu gewährleisten.

Vorteilhaft kann es sein, wenn das Zeitverhalten in Abhängigkeit vom Wert der Korrekturen gewählt wird. Insbesondere kann es vorteilhaft sein, wenn das Antriebsmoment mit einem Adaptionsverfahren mit größerer oder kleinerer Zeitkonstante adaptiert wird als die Zeitkonstante des Adaptionsverfahrens des Kupplungsmomentes. Vorteilhaft ist es, wenn die Zeitkonstante in einem Bereich von 1 Sekunde bis 500 Sekunden liegt, jedoch vorzugsweise in einem Bereich von 10 Sekunden bis 60 Sekunden und insbesondere vorzugsweise in einem Bereich von 20 Sekunden bis 40 Sekunden.

30 In einer weiteren Ausführungsvariante kann es zweckmäßig sein, wenn die Zeitkonstante von dem Betriebspunkt abhängig ist und/oder daß die Zeitkonstante in verschiedenen Betriebsbereichen unterschiedlich gewählt und/oder bestimmt wird. Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn eine Kompensation und/oder eine Korrektur von meßbaren Störgrößen durch Adaption der inversen Übertragungsfunktion der Übertragungseinheit mit Stellglied durchgeführt wird.

Eine weitere vorteilhafte Verfahrensvariante zeigt, daß indirekt meßbare Störgrößen, wie insbesondere die Alterung und/oder die Streuung von einzelnen Bauteilen des Drehmomentübertragungssystems dadurch erfaßt werden, daß einige Kenngrößen des Drehmomentübertragungssystems überwacht sowie in Abhängigkeit von dieser Überwachung die tatsächlich gestörten Parameter erkannt und korrigiert werden und/oder in Form von Programmmodulen zuschaltbare virtuelle Störquellen eingesetzt werden, um den Einfluß der Störgrößen zu korrigieren und/oder zu kompensieren.

50 Vorteilhaft kann es sein, wenn Störungen aus nicht meßbaren Einflußgrößen die Streuung einzelner Bauteile und/oder die Alterung durch Abweichungen von Zustandsgrößen des Systems detektiert werden und/oder kompensiert werden. Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn Störungen, wie Streuung oder Alterung oder andere nicht meßbare Einflußgrößen, nicht aus meßbaren Eingangsgrößen dedektiert werden, sondern nur durch Beobachtung von Systemreaktionen erkannt werden.

55 Ebenso kann es vorteilhaft sein, wenn die Abweichungen von Systemzustandsgrößen oder Zustandsgrößen und/oder Beobachtungen von Systemreaktionen direkt gemessen werden und/oder aus anderen Meßgrößen in einem Prozeßmodell berechnet werden. Ebenso kann es vorteilhaft sein, die Erkennung von Abweichungen aus berechneten Prozeßmodellen unter Zuhilfenahme von Referenzkennfeldern und/oder eindeutigen Referenzkenngrößen des Systems durchzuführen.

60 Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß zur Korrektur und/oder zur Kompensation einer erkannten Störung aus nicht meßbaren Eingangsgrößen eine Störquelle lokalisiert wird und/oder eine Störquelle festgelegt wird und die Abweichungen an diesen Störquellen korrigiert und/oder kompensiert werden. Weiterhin kann es zweckmäßig sein, daß zur Korrektur und/oder zur Kompensation einer erkannten Störung eine fiktive Störquelle festgelegt wird, welche nicht ursächlich für die Störung verantwortlich sein muß, an welcher die dedektierte Abweichung korrigiert wird.

65 In vorteilhafter Weise kann die festgelegte Störquelle ein real vorhandener Funktionsblock sein und/oder die festgelegte Störquelle ist unter Erhaltung der korrigierenden Wirkung ein virtuelles Störmodell.

Entsprechend einer Weiterbildung der Erfindung wird der Zeitverlauf des Kupplungs-Ist-Momentes über-

wacht und dahingehend analysiert, ob Aussagen über die Fehlerart und/oder die Erkennung der Störquelle und/oder die Lokalisierung der Störquelle getroffen werden können.

Vorteilhaft kann es sein, wenn die adaptive Korrektur der Störgröße permanent durchgeführt wird.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung sieht vor, daß die adaptive Korrektur der Störgrößen nur in bestimmten Betriebspunkten und/oder bestimmten Betriebsbereichen und/oder Zeitbereichen durchgeführt wird. 5

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn die Adaption auch aktiv sein kann, wenn die Steuerung inaktiv ist. Inaktiv kann in dieser Beziehung bedeuten, daß die Steuerung keine Stellgliedaktivität anweist oder veranlaßt oder durchführt, da beispielsweise ein Betriebsbereich gewählt oder aktuell vorhanden ist, in welchem eine Momentennachführung nicht durchgeführt wird, sondern ein stationärer Wert eingestellt wird. In diesem Betriebsbereich kann eine Adaption der Parameter durchgeführt werden ohne daß eine aktive Steuerung durchgeführt wird. 10

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn die Adaption in speziellen Betriebsbereichen, insbesondere bei starker Beschleunigung nicht durchgeführt wird.

Zweckmäßig kann es sein, wenn in den Betriebsbereichen der inaktiven Adaption die Korrekturwerte der Stellgrößen angewendet werden, die in zuvor ermittelten Betriebsbereichen der aktiven Adaption ermittelt wurden. Zu diesem Vorgehen kann es weiterhin zweckmäßig sein, wenn die zuvor ermittelten Werte für eine Adaption in einem Zwischenspeicher abgespeichert werden und in Situationen einer deaktivierten Adaption abgerufen werden können. 15

Für eine weitere Ausführungsform der Erfindung kann es zweckmäßig sein, wenn in den Betriebsbereichen der inaktiven Adaption die Korrekturwerte der Störgrößen angewendet werden, die aus Korrekturwerten in zuvor ermittelten Betriebsbereichen mit aktiver Adaption extrapoliert werden. 20

Entsprechend eines weiteren erfindungsgemäßen Verfahrens kann es zweckmäßig sein, wenn virtuelle Störmodelle und/oder virtuelle Störgrößen für den Bereich des Motormoments und/oder für den Bereich des Netto-Motormomentes nach Berücksichtigung der Nebenverbraucher und/oder für das Kupplungs-Soll-Moment adaptiert werden. 25

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn die inverse Übertragungsfunktion der Übertragungseinheit mit Stellglied als virtuelle Störquelle eingesetzt und/oder angewendet wird.

Zweckmäßig kann es ebenfalls sein, wenn das Motorkennfeld als virtuelle Störquelle verwendet wird.

Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn virtuelle Störquellen dazu eingesetzt werden, Störgrößen zu definieren, deren originäre Ursachen nicht lokalisierbar sind, wie z. B. Streuung im Bereich der Herstellungstoleranzen der einzelnen Bauelemente. 30

Ein weiterer erfindungsgemäßer Gedanke der Erfindung bezieht sich auf ein Steuerverfahren für ein Drehmomentübertragungssystem mit oder ohne Leistungsverzweigung, bei dem das von einer An- auf eine Abtriebsseite des Drehmomentübertragungssystems übertragbare Kupplungsmoment als Steuergröße benutzt wird und diese Steuergröße mittels eines Stellglieds, dem eine vom übertragbaren Kupplungsmoment funktional abhängige Stellgröße vorgegeben wird, derart angesteuert wird, daß das übertragbare Kupplungsmoment stets innerhalb eines vorgehbaren Toleranzbandes um die Rutschgrenze liegt, wobei diese Rutschgrenze genau dann erreicht ist, wenn die Wirkung eines antriebsseitig anstehenden Drehmoments, das von dem drehmomentübertragenden Teilen übertragbare Kupplungsmoment übersteigt. 35

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn dem Stellglied als Stellgröße ein Wert vorgegeben wird, der dem übertragbaren Kupplungsmoment zwischen dem drehmomentübertragenden Teilen des Drehmomentübertragungssystems entspricht. 40

Eine andere sinnvolle Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß die Stellgröße in Abhängigkeit von einem übertragbaren Kupplungsmoment bestimmt wird und daß zur Berechnung dieses übertragbaren Kupplungsmomentes eine Differenz aus dem Antriebsmomentenwert und einer Korrekturgröße gebildet wird, wobei diese Korrekturgröße in Abhängigkeit von wenigstens einer Zustandsgröße des Drehmomentübertragungssystems erhöht oder reduziert wird. 45

Weiterhin kann es sinnvoll sein, daß die Korrekturgröße in Abhängigkeit von einer als Schlupfdrehzahl bezeichneten Differenzdrehzahl zwischen einer An- und Abtriebsdrehzahl bestimmt wird, wobei die Korrekturgröße erhöht wird, solange die Schlupfdrehzahl unterhalb eines vorgebbaren Schlupfgrenzwertes liegt und die Korrekturgröße reduziert wird, solange die Schlupfdrehzahl oberhalb dieses ohne eines anderen vorgebbaren Schlupfgrenzwertes liegt. 50

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn die Korrekturgrößen inkrementell erhöht wird, solange die Schlupfdrehzahl unterhalb des einen Schlupfgrenzwertes liegt und die Korrekturgröße stufenweise reduziert wird, solange die Schlupfdrehzahl oberhalb des einen oder des anderen Schlupfgrenzwertes liegt, wobei zwischen den jeweiligen Stufen Haltephasen von einstellbarer Dauer liegen, innerhalb derer die Korrekturgröße konstant auf dem jeweils zu Beginn der Haltephase eingestellten Wert gehalten wird. 55

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn die Zeiten, in denen die Antriebsdrehzahl die Abtriebsdrehzahl um eine definierte Schlupfdrehzahl übersteigt, hat die Schlupfphase erkannt, daß jeweils nach Beendigung der Schlupfphase die Korrekturgröße wieder auf ein definierten Wert gesetzt wird. 60

Eine zweckmäßige Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß die Zeiten, in welchen die Antriebsdrehzahl die Abtriebsdrehzahl um eine definierte Schlupfdrehzahl übersteigt als Schlupfphasen erkannt werden, und daß jeweils die Korrekturgröße bei der die Schlupfdrehzahl ihren maximalen Wert annimmt in einem Zwischenspeicher abgespeichert wird, und jeweils nach Beendigung einer Schlupfphase die aktuelle Korrekturgröße wieder durch die abgespeicherte Korrekturgröße ersetzt wird. 65

Ebenfalls vorteilhaft kann es sein, wenn die Korrekturgröße jeweils nach Beendigung einer Schlupfphase für eine festlegbare Zeitdauer auf ihrem jeweiligen Wert konstant gehalten wird. Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung kann es vorteilhaft sein, wenn dem Stellglied ein Vorgabewert in Abhängigkeit von einem

Kennfeld bzw. einer Kennlinie vorgegeben wird, das den Bereich aller möglichen übertragbaren Kupplungsmomente umfaßt oder wenigstens einen Teilbereich aufweist, innerhalb dessen allen übertragbaren Kupplungsmomenten jeweils nur ein Vorgabewert für das Stellglied zugeordnet ist.

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, daß zur Berechnung des übertragbaren Kupplungsmomentes eine Differenz aus einem Antriebsmomentenwert und der Korrekturgröße gebildet wird, und daß diese Differenz um einen schlupfabhängigen Momentenwert vergrößert wird.

Entsprechend einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann es günstig sein, wenn der Anstieg des Ist-Kupplungsmomentes in Form einer Gradientenbegrenzung dadurch begrenzt ist, daß jeweils der aktuelle Wert des übertragbaren Kupplungsmoments mit einem Vergleichsmomentenwert verglichen wird, der aus einem zuvor ermittelten übertragbaren Kupplungsmomentenwert und einem additiven festlegbaren Begrenzungswert besteht, und daß in Abhängigkeit von diesem Vergleich der jeweils kleinere Momentenwert dem Stellglied als neuer Vorgabewert vorgegeben wird.

Vorteilhaft kann es insbesondere sein, wenn von einem auf der Antriebsseite des Drehmomentenübertragungssystems angeordneten Verbrennungsmotor mehrere Zustandsgrößen, wie z. B. die Motordrehzahl, der Drosselklappenwinkel und/oder der Ansaugdruck erfaßt werden, und daß aus diesen Zustandsgrößen mittels abgespeicherter Kennlinien oder Kennlinienfelder das Antriebsmoment des Verbrennungsmotors ermittelt wird. Weiterhin sieht die Erfindung vor, daß etwaige zwischen dem Antrieb und dem Drehmomentenübertragungssystem liegende Leistungsverzweigungen zumindest teilweise oder zumindest zeitweilig überwacht werden und die daraus resultierenden Meßgrößen zur Berechnung des tatsächlich auf der Antriebsseite des Drehmomentübertragungssystems anstehenden Antriebsmomentes herangezogen werden.

Vorteilhaft kann es sein, wenn jeweils ein einem Anteilsfaktor entsprechende Teil des Antriebsmomentes zur Berechnung des übertragbaren Kupplungsmomentes verwendet wird und daß dieser Anteilsfaktor jeweils anhand abgespeicherter Kennlinienfelder oder Kennlinien bestimmt wird.

Weiterhin kann es zweckmäßig sein, wenn bei Drehmomentübertragungssystemen ohne Leistungsverzweigung eine Leistungsverzweigung durch ein unterlagertes Steuerprogramm nachgebildet wird.

Nach dem erfinderischen Gedanken kann es vorteilhaft sein, wenn meßbare Störgrößen, wie insbesondere Temperaturen und oder Drehzahlen erfaßt werden und durch eine Parameteradaption und/oder durch eine Systemadaption zumindest teilweise kompensiert werden.

Eine sinnvolle Weiterbildung sieht vor, daß indirekt meßbare Störgrößen des Steuerverfahrens, wie insbesondere die Alterung und/oder Streuung von einzelnen Bauteilen des Drehmomentübertragungssystems dadurch erfaßt werden, daß einige Zustandsgrößen des Drehmomentübertragungssystems überwacht sowie in Abhängigkeit von dieser Überwachung, die tatsächlich gestörten Parameter erkannt und korrigiert werden und/oder in Form von Programmmodulen zuschaltbare virtuelle Störquellen eingesetzt werden, um den Einfluß der Störgrößen zumindest zu korrigieren und/oder zu kompensieren.

Vorteilhaft kann sein, daß ein erstes Einrücken der Kupplung erst nach Überprüfung einer Benutzerlegitimation ermöglicht wird.

Ebenso kann es vorteilhaft sein, daß ein Display, wie Benutzerdisplay, in Abhängigkeit vom Status des Steuerverfahrens derart angesteuert wird, daß eine Schaltempfehlung für den Benutzer gegeben wird. Diese Schaltempfehlung kann über das Display in optischer, sowie anderweitig in akustischer Art und Weise durchgeführt werden.

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn Standphasen, insbesondere eines Fahrzeuges, durch Überwachung signifikanter Betriebsgrößen, wie Gaspedal- und/oder Schaltgestängstellung und/oder Tachodrehzahl erkannt werden und beim Überschreiten einer definierten Zeitdauer die Antriebseinheit stillgesetzt sowie bei Bedarf wieder gestartet wird.

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn Betriebsphasen des Drehmomentübertragungssystems mit minimaler oder ohne Lastabnahme als Freilaufphasen erkannt werden und innerhalb dieser Freilaufphasen die Kupplung geöffnet sowie nach Beendigung der Freilaufphase die Kupplung wieder geschlossen wird. Die Beendigung der Freilaufphase kann beispielsweise durch eine detektierte Veränderung der Lasthebelstellung und/oder des Lasthebelgradienten erfolgen bzw. erkannt werden.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann zur Unterstützung eines Antiblockiersystems das Steuerverfahren derart eingesetzt werden, daß bei Ansprechen des ABS-Systems die Kupplung vollständig ausgerückt wird.

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn das Stellglied in bestimmten Betriebsbereichen nach Vorgabe der Antischlupfregelung angesteuert wird.

Die Erfindung bezieht sich nicht nur auf das oben beschriebene Verfahren zum Steuern eines Drehmomentübertragungssystems, sondern insbesondere auch auf ein Drehmomentübertragungssystem zur Übertragung von Drehmomenten von einer An- auf eine Abtriebsseite, bei dem auf der Antriebsseite eine Brennkraftmaschine, wie Motor, und auf der Abtriebsseite ein Getriebe angeordnet ist und das Drehmomentübertragungssystem eine Kupplung, ein Stellglied und ein Steuergerät aufweist.

Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf ein Drehmomentübertragungssystem, das mittels der oben beschriebenen Verfahren angesteuert werden kann und zur Übertragung von Drehmomenten von einer An- auf eine Abtriebsseite dient, bei dem das Drehmomentübertragungssystem abtriebsseitig im Kraftfluß eine Antriebseinheit, wie Brennkraftmaschine und im Kraftfluß eine übersetzungsveränderliche Einrichtung, wie Getriebe, vor- oder nachgeschaltet ist und das Drehmomentübertragungssystem eine Kupplung und/oder ein Drehmomentwandler mit Überbrückungskupplung und/oder einer Anfahrkupplung und/oder eine Wendesatzkupplung und/oder das übertragbare Drehmoment begrenzende Sicherheitskupplung, ein Stellglied und ein Steuergerät aufweist oder umfaßt.

Insbesondere kann es nach dem erfindungsgemäßen Gedanken vorteilhaft sein, wenn die Kupplung eine



selbsteinstellende oder selbstnachstellende Kupplung ist.

Ebenso kann es vorteilhaft sein, wenn die Kupplung selbsttätig den Verschleiß, beispielsweise der Reibbeläge, nachstellt bzw. kompensiert.

Nach dem erfinderischen Gedanken kann es bei der Ausgestaltung der Erfindung vorteilhaft sein, wenn zur Übertragung von Drehmomenten von einer An- auf eine Abtriebsseite das Drehmomentübertragungssystem eine Kupplung, ein Stellglied und ein Steuergerät aufweist, wobei die Kupplung mit dem Stellglied über eine Hydraulikleitung, die einen Kupplungsnehmerzylinder aufweist, in Wirkverbindung steht und das Stellglied von dem Steuergerät angesteuert wird.

Ein weiterer Vorteil liegt in der Verwendung eines Stellgliedes, welches einen Elektromotor aufweist, der über einen Exzenter auf einen hydraulischen Geberzylinder wirkt, der an die mit der Kupplung verbundenen Hydraulikleitung angeschlossen ist, und daß ein Kupplungswegsensor im Gehäuse des Stellgliedes angeordnet ist.

Im Sinne einer raumsparenden und flexiblen Lösung bei der Anordnung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es vorteilhaft, wenn der Elektromotor, der Exzenter, der Geberzylinder, der Kupplungswegsensor und die erforderliche Steuer- und Leistungselektronik innerhalb eines Gehäuses des Stellgliedes angeordnet sind.

Von Vorteil kann es ebenfalls sein, wenn die Achsen des Elektromotors und des Geberzylinders parallel zueinander verlaufend angeordnet sind. Vorteilhaft ist es insbesondere, wenn die Achsen des Elektromotors und des Geberzylinders parallel zueinander verlaufend in zwei verschiedenen Ebenen angeordnet sind und über den Exzenter in Wirkverbindung stehen.

Weiterhin kann es von Vorteil sein, wenn die Achse des Elektromotors parallel zu einer Ebene verläuft, die im wesentlichen von der Platine der Steuer- und Leistungselektronik gebildet wird.

Nach einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Drehmomentübertragungssystems kann die Funktionsweise des Übertragungssystems optimiert werden, indem im Gehäuse des Stellgliedes eine Feder zentrisch zur Achse des Geberzylinders angeordnet ist.

Vorteilhaft kann es weiterhin sein, wenn im Gehäuse des Geberzylinders eine Feder konzentrisch zur Achse des Geberzylinders angeordnet ist.

Für die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann es vorteilhaft sein, wenn eine Federkennlinie der Feder derart abgestimmt ist, daß die vom Elektromotor zum Aus- und Einrücken der Kupplung aufzuwendende maximale Kraft in Zug- und Druckrichtung annähernd gleich groß ist.

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn die Federkennlinie der Feder so ausgelegt ist, daß der resultierende Kraftverlauf der auf die Kupplung wirkenden Kräfte über den Aus- und Einrückvorgang der Kupplung linearisiert ist. Gemäß einer Weiterbildung ist der Leistungsbedarf und damit die Größe des eingesetzten Elektromotors minimiert. Für den Ausrückvorgang der Kupplung benötigten Kräfte sind für die Bemessung des einzusetzenden Elektromotors entscheidend, da für den Ausrückvorgang eine höhere Kraftwirkung als für den Einrückvorgang der Kupplung erforderlich ist, dadurch, daß die Kraftwirkung einer Feder den Ausrückvorgang unterstützt, kann der Elektromotor leistungsschwächer ausgelegt sein.

Durch die Verwendung einer Feder innerhalb des Geberzylinderkolbens ist durch die Feder kein zusätzlicher Platzbedarf notwendig.

Weiterhin kann es von Vorteil sein, wenn der Elektromotor mit einer Motorabtriebswelle über eine Schnecke auf ein Segmentrad wirkt und an diesem Segmentrad eine Schubkurbel angebracht ist, die über eine Kolbenstange mit dem Kolben des Geberzylinders derart in Wirkverbindung steht, daß Zug- und Druckkräfte übertragbar sind.

Vorteilhaft kann es ebenso sein, wenn die Schnecke mit dem Segmentrad ein selbsthemmendes Getriebe bildet.

Die Erfindung bezieht sich jedoch nicht nur auf das oben beschriebene Verfahren zum Ansteuern eines Drehmomentübertragungssystems und auf das Drehmomentübertragungssystem selbst, sondern umfaßt auch ein Überwachungsverfahren für ein Drehmomentübertragungssystem mit einem manuell schaltbaren Getriebe, bei dem relevante Schalthebelstellungen und ein Antriebsmoment einer antriebsseitigen Antriebseinheit mit einer Sensorik erfaßt sowie jeweils wenigstens ein entsprechendes Schalthebelsignal und wenigstens ein Vergleichssignal aufgezeichnet und verschiedene mögliche Charakteristiken dieser Signalverläufe, wie beispielsweise eine Differenz, erkannt und als Schaltabsicht identifiziert werden und anschließend ein Schaltabsichtssignal an ein nachgeordnetes Kupplungsbetätigungssystem gegeben wird.

Bezüglich des erfindungsgemäßen Gedankens kann es vorteilhaft sein, wenn wenigstens ein Schalthebensignalverlauf zur Gangerkennung ausgewertet wird und diese Information zur Identifikation einer Schaltabsicht benutzt wird.

Das Überwachungsverfahren ermittelt den momentan eingelegten Gang, wobei diese Information zur Bestimmung des Vergleichssignales verwendet werden kann.

Hierdurch ist ein Verfahren gegeben, bei dem mit hoher Sicherheit und Geschwindigkeit eine etwaige Schaltabsicht eines Benutzers erkannt wird, ohne daß hierzu ein spezifischer Sensor erforderlich wäre. Ein weitestgehend automatisiertes Drehmomentübertragungssystem benötigt eine frühzeitige Information über eine etwaige Schaltabsicht, um die Kupplung rechtzeitig zu trennen.

Vorteilhaft kann es sein, wenn ein Schalthebelsignal und ein Vergleichssignal derart ausgewertet werden, daß Kreuzungspunkte dieser Signalverläufe erkannt werden und anschließend ein Schaltabsichtssignal an ein nachgeordnetes Kupplungsbetätigungssystem gegeben ist. Wenn zur Schaltabsichtserkennung nur zwei Signalverläufe auf Kreuzungspunkte hin untersucht werden oder ausgewertet werden, wird keine aufwendige Soft- oder Hardware mehr benötigt.

Nach dem erfinderischen Gedanken kann es vorteilhaft sein, wenn bei dem Schaltgetriebe ein Wählweg zwischen den Schaltgassen und einem Schaltweg innerhalb der Schaltgassen unterschieden werden, wobei zur Bestimmung der relevanten Schalthebelstellung der Schaltweg und/oder der Wählweg erfaßt werden kann.

Auch für die Bildung des Vergleichssignales wird keine zusätzliche Sensorik benötigt, da die einzige Eingangsgröße, das Antriebsmoment, in der Regel bereits ermittelt werden. Dadurch, daß das Vergleichssignal aus einem Filtersignal gebildet wird, wobei das Filtersignal um einen Konstantwert und ein Offsetsignal erhöht und/oder reduziert wird, ist weitestgehend sichergestellt, daß sich das Schalthebelsignal und das Vergleichssignal nur dann

5 kreuzen, wenn tatsächliche eine Schaltabsicht vorliegt.

In vorteilhafter Weiterbildung wird das Vorliegen einer Schaltabsicht bei der Auswertung der beiden Signalverläufe des Schalthebelsignals und des Vergleichssignals detektiert, wenn ein Kreuzungspunkt detektiert wird, wobei mittels eines Schaltabsichtszählers die Schaltabsicht verifiziert wird. Durch den beanspruchten Schaltabsichtszähler ist sichergestellt, daß zwischen dem Erkennen der Schaltabsicht und der Übermittlung des Schaltabsichtssignales ein definierter Zeitraum liegt, in dem überprüft wird, ob tatsächlich ein Schaltvorgang eingeleitet

10 wird. Das Drehmomentübertragungssystem ist somit wirksam gegen Fehlauflösung abgesichert.

Das Schalthebelsignal wird zur Bildung eines Filtersignales mit einer einstellbaren Verzögerungszeit gefiltert.

Vorteilhaft kann es insbesondere sein, wenn das Schalthebelsignal zur Bildung des Filtersignales mit einem PT<sub>1</sub>-Verhalten verarbeitet werden kann.

15 Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn das Schalthebelsignal überwacht und eine Schaltungswegänderung innerhalb eines definierten Teilbereiches des Schalthebelweges jeweils innerhalb einer festlegbaren Meßperiode derart ausgewertet wird, daß bei Unterschreiten eines festlegbaren Schaltungswegänderungsschwelle ein Schaltabsichtssignal an nachgeordnete Einrichtungen übermittelt wird.

Das Schalthebelsignal, welches zur Bestimmung der Schaltabsicht verwendet wird, welche wiederum weitergeleitet wird, kann mittels individuell einstellbarer Filter, welche durch Filterparameter universell einsetzbar sind, derart abgestimmt werden, daß verschiedenste Drehmomentübertragungssysteme mit dem gleichen Verfahren überwacht werden können. Vorteilhaft ist es, wenn die Meßperiode derart festgelegt wird, daß sie stets deutlich größer ist als eine halbe Schwingungsperiode bzw. Schwingungsamplitude des im Fahrbetrieb nicht betätigten Schalthebels.

25 Zweckmäßig kann es sein, wenn der definierte Teilbereich des Schalthebelweges außerhalb der Schalthebelwegbereiche liegt, innerhalb derer sich der nicht betätigte Schalthebel im Fahrbetrieb bewegt.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist eine Mittelung über Schalthebelschwingungsperioden in der Regel notwendig, somit kann die Dauer der Meßperiode in Abhängigkeit von einer Mittelwertbildung der Schalthebelschwingungsperiode festgelegt werden.

30 In vorteilhafter Weiterbildung kann erfaßt werden, ob der Schalthebel im Fahrbetrieb frei schwingt, oder, insbesondere durch Handauflegen, ein demgegenüber verändertes Schwingungsverhalten aufweist und daß die Mittelwertbildung zur Bestimmung der Dauer der Meßperiode in Abhängigkeit von den Ergebnissen dieser Überwachung erfolgt.

Entsprechend einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann es vorteilhaft sein, wenn die Bewegungsrichtung des Schalthebels ermittelt und bei Umkehr dieser Bewegungsrichtung ein Kontrollsignal an den Schaltabsichtszähler gegeben und/oder ein etwa gegebenes Schaltabsichtssignal zurückgenommen wird.

Dadurch wird die Bewegungsrichtung des Schalthebels zusätzlich beobachtet und bei einer Umkehr dieser Bewegungsrichtung ein Schaltabsichtssignal zurückgenommen, welches aufgrund von Schwingungen des Schalthebels gegeben wurde.

40 Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn der Konstantwert zur Bildung des Vergleichssignals in Abhängigkeit von der betriebstypischen Schwingungsamplitude des nicht betätigten Schalthebels des Drehmomentübertragungssystems gewählt wird.

Ebenso kann es vorteilhaft sein, wenn die Verzögerungszeit, mit der das Filtersignal gebildet wird, auf die Schwingungsfrequenz des im Fahrbetrieb nicht betätigten Schalthebels abgestimmt wird.

45 Nach dem erfinderischen Gedanken kann es insbesondere für ein Steuerverfahren von Vorteil sein, wenn die Antriebslast überwacht wird und bei Überschreiten einer festlegbaren Antriebslast ein Kontrollsignal an den Schaltabsichtszähler weitergeleitet wird. Damit kann verhindert werden, daß bei erhöhtem motorseitig anliegendem Drehmoment die Kupplung ungewollt geöffnet oder geschlossen wird. Ebenso kann es vorteilhaft sein, wenn das Offset-Signal in Abhängigkeit von dem jeweiligen Drosselklappenwinkel eine als Antriebseinheit eingesetzten Verbrennungsmaschine eingesetzt wird.

50 Nach dem erfinderischen Gedanken ist es zweckmäßig, wenn der Schalt- oder der Wählweg des Schalthebels von je einem Potentiometer erfaßt werden. Ebenso kann es vorteilhaft sein, wenn der Schalt- und/oder Wählweg des Schalthebels von einem Potentiometer erfaßt wird in der Art und Weise, daß mittels des Potentiometers die Gangstellung erkannt wird.

55 Die Erfindung bezieht sich jedoch nicht nur auf die oben beschriebenen Verfahren zum Steuern eines Drehmomentübertragungssystems, sondern umfaßt auch solche Verfahren zum Steuern eines Drehmomentübertragungssystems mit einer Einrichtung zum Ansteuern des Drehmomentübertragungssystems, das Drehmomentübertragungssystem ist im Kraftfluß einer Antriebseinheit nachgeordnet und einer übersetzungsveränderlichen Einrichtung im Kraftfluß vor und/oder nachgeordnet, die übersetzungsveränderliche Einrichtung ist mit einem Umschlingungsmittel versehen, das ein Drehmoment von einem ersten Mittel auf ein zweites Mittel überträgt, wobei das erste Mittel mit einer Getriebeeingangswelle und das zweite Mittel mit einer Getriebeausgangswelle in Wirkverbindung steht, das Umschlingungsmittel mittels einer Anpressung oder Verspannung mit dem ersten und dem zweiten Mittel reibschlüssig verbunden ist und die Anpressung oder die Verspannung des Umschlingungsmittels in Abhängigkeit des Betriebspunktes gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Drehmomentübertragungssystem momentennachgeführt angesteuert wird, mit einem übertragbaren Drehmoment, das in jedem Betriebspunkt so dimensioniert ist, daß das Umschlingungsmittel der übersetzungsveränderlichen Einrichtung nicht ins Rutschen gerät. Dies bedeutet, daß die Rutschgrenze des Drehmomentübertragungssystems in jedem Betriebspunkt so angesteuert wird, daß die Rutschgrenze des Umschlingungsmittels

stets größer ist und im Falle eines zu hohen anliegenden Drehmomentes stets das Drehmomentübertragungssystem zu rutschen beginnt, bevor das Umschlingungsmittel rutscht.

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn die Anpressung und/oder die Verspannung des Umschlingungsmittels in jedem Betriebspunkt in Abhängigkeit von dem anstehenden Motormoment und/oder der Leistungsverzweigung bezüglich der Nebenverbraucher und einer zusätzlichen Sicherheitstoleranz bestimmt und angestellt wird und das übertragbare Drehmoment des Drehmomentübertragungssystems in Abhängigkeit vom Betriebspunkt gesteuert und daß von dem Drehmomentübertragungssystem übertragbare Drehmoment bei Drehmomentschwankungen zu einem Rutschen des Drehmomentübertragungssystems führt, wovon die Rutschgrenze des Umschlingungsmittels erreicht ist.

Zweckmäßig ist es insbesondere, wenn die Rutschgrenze des Drehmomentübertragungssystems in jedem Betriebspunkt geringer ist oder geringer angesteuert wird als die Rutschgrenze des Umschlingungsmittels der Übersetzungsveränderlichen Einrichtung.

Weiterhin kann es nach dem erfindungsgemäßen Gedanken vorteilhaft sein, wenn das Drehmomentübertragungssystem mit seiner betriebspunktabhängigen Rutschgrenze Drehmomentschwankung und Drehmomentstöße antriebsseitig und/oder abtriebsseitig isoliert und/oder dämpft und das Umschlingungsmittel vor allem durch Rutschen schützt. Ein Durchrutschen des Umschlingungsmittels wird in den beschriebenen Fällen geschützt, wobei das Durchrutschen des Umschlingungsmittels zu einer Zerstörung des Umschlingungsmittels und somit zu einem Ausfall des Getriebes führen könnte.

Nach dem erfinderischen Gedanken ist es zweckmäßig, die Anpressung oder die Verspannung des Umschlingungsmittels betriebspunktabhängig zu steuern und zusätzlich zu dem anstehenden Drehmoment eine sichere Reserve zu berücksichtigen, welche aufgrund der Ansteuerung des übertragbaren Drehmoments des Drehmomentübertragungssystems an dieses übertragbare Drehmoment angenähert und/oder angepaßt werden kann. Die Anpassung des Sicherheitsmomentes kann in diesem Falle in der Art erfolgen, daß die Auslegung der Sicherheitsreserve geringer gestaltet werden kann als gegenüber dem Stand der Technik.

Vorteilhaft kann es insbesondere sein, wenn die Sicherheitsreserve der Anpressung oder Verspannung aufgrund des Rutschschutzes des Drehmomentübertragungssystems möglichst gering ausfällt.

Insbesondere zweckmäßig ist es, wenn das Drehmomentübertragungssystem bei Drehmomentspitzen kurzzeitig rutscht oder schlupft. Somit können an- oder abtriebsseitige Drehmomentstöße isoliert oder gedämpft oder gefiltert werden, die in extremen Fahrsituationen auftreten können und das Umschlingungsmittel schädigen oder zerstören könnten.

Die Erfindung bezieht sich nicht nur auf die oben beschriebenen Verfahren, sondern auch auf eine Vorrichtung, wie eine Übersetzungsveränderliche Einrichtung, welche mittels der oben genannten Verfahren angesteuert wird, wobei die Übersetzungsveränderliche Einrichtung ein stufenlos einstellbares Getriebe sein kann. Insbesondere kann es vorteilhaft sein, wenn die Übersetzungsveränderliche Einrichtung ein stufenlos einstellbares Kegelscheibenumschlingungsgeriebe ist. Insbesondere vorteilhaft kann es sein, wenn das Drehmomentübertragungssystem, welches Teil der Vorrichtung ist, eine Reibungskupplung oder eine Wandlerüberbrückungskupplung oder eine Wendesatzkupplung oder eine Sicherheitskupplung ist. Die Kupplung kann eine trocken- oder naßlaufende Kupplung sein. Weiterhin kann es zweckmäßig sein, wenn ein das übertragbare Drehmoment ansteuerndes Stellglied vorhanden ist, welches elektrisch und/oder hydraulisch und/oder mechanisch und/oder pneumatisch angesteuert wird oder die Ansteuerung des Stellgliedes aus einer Kombination dieser Merkmale erfolgt.

Die Erfindung bezieht sich nicht nur auf die oben beschriebenen Verfahren, sondern insbesondere auch auf eine Vorrichtung mit zumindest einem Sensor zur Detektion der eingelegten Übersetzung oder des eingelegten Ganges eines Getriebes, wobei eine zentrale Recheneinheit die Sensorsignale verarbeitet und die Getriebeeingangsdrehzahl berechnet. Zu dieser Berechnung ist es weiterhin notwendig, die Übersetzungen, wie Differentialübersetzungen, zu berücksichtigen.

Vorteilhaft kann es sein, wenn die ermittelten Raddrehzahlen gemittelt werden und aus diesem gemittelten Signal mittels der Übersetzungen im Antriebsstrang und mittels der Getriebeübersetzung die Getriebeeingangsdrehzahl bestimmt oder berechnet wird.

Vorteilhaft ist es, wenn ein bis vier Sensoren zur Bestimmung der Raddrehzahl verwendet werden, insbesondere ist es vorteilhaft, wenn 2 oder 4 Sensoren verwendet werden.

In besonders vorteilhafter Art und Weise kann die Vorrichtung ausgestaltet sein, wenn die Sensoren zur Detektion der Raddrehzahlen mit einem Antiblockiersystem in Signalverbindung stehen oder Bestandteile eines Antiblockiersystems sind.

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels aus der Fahrzeugtechnik näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1a ein Blockschaltbild mit einem Drehmoment-Übertragungssystem mit Leistungsverzweigung,

Fig. 1b ein Blockschaltbild mit einem Drehmoment-Übertragungssystem ohne Leistungsverzweigung, bei welchem eine fiktive Leistungsverzweigung durch ein unterlagertes Steuerprogramm nachgebildet wird,

Fig. 2a bis 2e schematische Darstellungen von verschiedenen physikalischen Eigenschaften eines Drehmoment-Übertragungssystems als Funktion des Momentenaufteilungsfaktors  $K_{ME}$ : 2a: Akustik als Funktion von  $K_{ME}$ ; 2b: thermische Belastung als Funktion von  $K_{ME}$ ; 2c: Zugkraft als Funktion von  $K_{ME}$ ; 2d: Kraftstoffverbrauch als Funktion von  $K_{ME}$ ; 2e: Lastwechselverhalten als Funktion von  $K_{ME}$ .

Fig. 3 ein Blockschaltbild bzw. ein Signaldiagramm eines Steuerverfahrens mit Adaption,

Fig. 4 ein Blockschaltbild bzw. ein Signaldiagramm eines Steuerverfahrens mit Adaption,

Fig. 5a bis 5c die Einwirkungen von Störgrößen auf die zeitliche Entwicklung des Drehmomentes; a: additive Störung durch z. B. Zusatzaggregate; b: multiplikative Störungen; c: additive Störgrößen,

Fig. 6 ein Motormoment-Korrekturfeld als Funktion des Motormomentes und der Drehzahl.

- Fig. 6a eine schematische Darstellung einer Aufteilung eines Kennfeldes,  
 Fig. 6b eine schematische Darstellung einer Aufteilung eines Kennfeldes,  
 Fig. 7 ein Blockschaltbild zum Steuerverfahren mit Adaption,  
 Fig. 8 ein Blockschaltbild zu einem Steuerverfahren mit Adaption,  
 5 Fig. 9 ein Blockschaltbild zu einem Steuerverfahren mit Adaption,  
 Fig. 10 eine Prinzipdarstellung eines Fahrzeuges mit einem Drehmoment-Übertragungssystem,  
 Fig. 11a einen Längsschnitt durch eine Stellgliedeinheit eines Drehmoment-Übertragungssystems,  
 Fig. 11b einen Querschnitt der Stellgliedeinheit bei III,  
 Fig. 12a einen Längsschnitt durch eine Stellgliedeinheit eines Drehmoment-Übertragungssystems,  
 10 Fig. 12b einen Querschnitt der Stellgliedeinheit bei IV,  
 Fig. 13 ein Kraftdiagramm zum Stellgliedverhalten,  
 Fig. 14 ein Diagramm zur Ermittlung eines Kupplungsmomentes,  
 Fig. 15 ein Kennlinienfeld zur Bestimmung einer Stellgliedvorgabe,  
 Fig. 15a bis 15e jeweils ein Diagramm der Stellgliedvorgabe als Funktion der Zeit.  
 15 Fig. 16 ein Schaltschema eines manuellen Schaltgetriebes,  
 Fig. 17 ein Signaldiagramm zur Schaltabsichtserkennung,  
 Fig. 18 ein Signaldiagramm zur Bildung eines Vergleichssignals,  
 Fig. 19 ein weiteres Signaldiagramm zur Schaltabsichtserkennung,  
 Fig. 20 ein Signaldiagramm zur Verifikation der Schaltabsichtserkennung,  
 20 Fig. 21 ein Funktionsdiagramm eines elektrohydraulisch gesteuerten Drehmoment-Übertragungssystems,  
 Fig. 22 eine Kennlinie,  
 Fig. 23 ein Blockschaltbild,  
 Fig. 24 ein Signalverlauf als Funktion der Zeit,  
 Fig. 25 ein Signalverlauf als Funktion der Zeit,  
 25 Fig. 26 ein Signalverlauf als Funktion der Zeit,  
 Fig. 27 ein Signalverlauf als Funktion der Zeit,  
 Fig. 28 eine Kennlinie mit Stützstellenadaption,  
 Fig. 29a ein Getriebe mit einem eingangsseitig angeordnetem Drehmoment-Übertragungssystem und  
 Fig. 29b ein Getriebe mit einem ausgangsseitig angeordnetem Drehmoment-Übertragungssystem.  
 30 Die Fig. 1a und die Fig. 1b zeigen je eine schematische Darstellung eines Teiles eines Antriebsstranges eines Fahrzeuges, wobei ein Antriebsmoment von einem Motor 1 mit einem Massenträgheitsmoment 2 an ein Drehmoment-Übertragungssystem 3 übertragen wird. Das von diesem Drehmoment-Übertragungssystem 3 übertragbare Drehmoment kann beispielsweise an ein nicht näher erläutertes nachgeschaltetes Bauteil, wie Eingangsteil, eines Getriebes übertragen werden.
- Die Fig. 1a zeigt eine schematische Darstellung eines Drehmoment-Übertragungssystems 3 mit Leistungsverzweigung, bei welchem beispielsweise eine Föttinger-Kupplung oder ein hydrodynamischer Strömungswandler 3a mit einer Wandlerüberbrückungskupplung 3b parallel geschaltet im Kraftfluß angeordnet ist, wobei eine Steuereinrichtung die Drehmoment-Übertragungseinrichtung 3 derart ansteuert, daß im wesentlichen in zumindest einigen Betriebsbereichen das anstehende Drehmoment entweder nur von dem hydrodynamischen Drehmomentwandler 3a oder von der Föttinger-Kupplung oder nur von der Wandlerüberbrückungskupplung 3b oder von beiden drehmomentübertragenden Einrichtungen 3a, 3b parallel übertragen wird.
- In einigen Betriebsbereichen kann eine gezielte Aufteilung des übertragbaren Momentes zwischen den jeweiligen parallel angeordneten drehmomentübertragenden Einrichtungen 3a, 3b wünschenswert sein und kann entsprechend durchgeführt werden, wobei das Verhältnis der jeweils übertragenen Momente von z. B. der Wandlerüberbrückungskupplung 3b und von dem hydrodynamischen Strömungswandler 3a den speziellen Erfordernissen der einzelnen Betriebsbereiche angepaßt werden kann.
- Fig. 1b stellt eine schematische Darstellung mit einem Drehmoment-Übertragungssystems 3 ohne Leistungsverzweigung dar. Ein solches Drehmoment-Übertragungssystem 3 ohne Leistungsverzweigung kann beispielsweise eine Kupplung, wie Reibungskupplung und/oder Wendesatzkupplung und/oder Anfahrkupplung und/oder Sicherheitskupplung sein. Ein unterlagertes Steuerprogramm bildet dabei eine fiktive Leistungsverzweigung nach und steuert entsprechend das Drehmoment-Übertragungssystem an.
- Die schematischen Skizzen bzw. Blockschaltbilder der Fig. 1a und Fig. 1b eines teilweise dargestellten Antriebsstranges mit einem im Antriebsstrang im Kraftfluß angeordneten Drehmoment-Übertragungssystem 3 mit bzw. ohne Leistungsverzweigung stellen nur Beispiele von möglichen Anordnungen oder Ausgestaltungen von 55 Drehmoment-Übertragungssystemen dar.
- Weiterhin sind auch Anordnungen von Drehmoment-Übertragungssystemen möglich, bei welchen das jeweilige Drehmoment-Übertragungssystem im Kraftfluß vor oder nach dem bzw. den die Getriebeübersetzung bestimmenden Bauteilen angeordnet sein kann. So kann beispielsweise ein Drehmoment-Übertragungssystem, wie Kupplung, im Kraftfluß vor oder nach dem Variator eines stufenlos einstellbaren Kegelscheibenumschlingungsgetriebes angeordnet sein.
- 60 Ebenso kann ein stufenlos einstellbares Getriebe, wie ein stufenlos einstellbares Kegelscheibenumschlingungsgetriebe, mit einem antriebsseitig und/oder abtriebsseitig angeordneten Drehmoment-Übertragungssystem realisiert sein.
- Die Systeme mit Leistungsverzweigung nach Fig. 1a, wie hydrodynamischer Strömungswandler 3a mit Überbrückungskupplung 3b, können mittels eines erfindungsgemäßen Steuerverfahrens derart gesteuert oder angesteuert werden, daß das jeweils von den einzelnen parallel geschalteten Übertragungssystemen, wie Strömungswandler 3a und/oder Überbrückungskupplung 3b, übertragbare Drehmoment gesteuert oder angesteuert wird. In der Regel wird das von einem der beiden parallel angeordneten Drehmoment-Übertragungssysteme zu

übertragende Drehmoment angesteuert und das von dem dazu parallel geschalteten Drehmoment-Übertragungssystem übertragbare Drehmoment stellt sich selbsttätig ein.

Bei Drehmoment-Übertragungssystemen mit mehr als zwei (N) parallel geschalteten Übertragungssystemen, müssen im wesentlichen in der Regel die jeweiligen übertragbaren Momente von (N-1) Übertragungssystemen gesteuert oder angesteuert werden und das übertragbare Drehmoment des N-ten Übertragungssystem stellt sich daraufhin selbsttätig ein.

Bei Systemen ohne Leistungsverzweigung, wie z. B. einer Reibungskupplung, kann das übertragbare Drehmoment durch eine der Steuerung unterlagerte Steuerschleife derart angesteuert werden, daß mittels der Steuerung ein System mit fiktiver Leistungsverzweigung simuliert wird. Die Reibungskupplung 3c wird mit dieser Steuerung z. B. auf einen Sollwert angesteuert, der geringer ist als 100% des übertragbaren Drehmomentes. Die Differenz zwischen dem so angesteuerten Momentensollwert zu den 100% des gesamten übertragbaren Drehmomentes wird mittels Steuerung über ein schlupfabhängiges Sicherheitsmoment 3d angesteuert. Dadurch wird erreicht, daß die Reibungskupplung zum einen nicht mit einer höheren Anpreßkraft geschlossen wird als es nach dem zu übertragenden Moment nötig wäre und zweitens kann aufgrund des schlupfenden Betriebszustandes eine Dämpfung von Torsionsschwingungen und Drehmomentenspitzenwerten, wie Drehmomentstößen, im Antriebsstrang gewährleistet werden.

In einem anderen Betriebszustand des Betriebsbereiches des Drehmoment-Übertragungssystems kann es von Vorteil sein, wenn das Drehmoment-Übertragungssystem, wie Kupplung oder Reibungskupplung, mit einer geringen aber wohldefinierten Überanpressung angesteuert wird. In diesen Betriebsbereichen, z. B. bei hohen Drehzahlen, kann dadurch ein erhöhter Schlupf und somit ein Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine vermieden werden.

Bei einer Anpressung von ca. 110% des gemittelten anstehenden Drehmomentes kann bei kurzzeitigen Drehmomentenspitzenwerten ein gezieltes Rutschen oder Schlupfen der Kupplung erfolgen. So kann bei einer im wesentlichen geschlossenen Kupplung eine Dämpfung von Spitzenwerten erfolgen.

Bei einer nur geringen Überanpressung der Kupplung können weiterhin Drehmomentstöße mit Spitzenwerten durch kurzzeitiges Rutschen oder Schlupfen der Kupplung gedämpft oder isoliert werden.

Der die Aufteilung des Drehmomentes zwischen den parallel angeordneten drehmomentübertragenden Systemen des Drehmoment-Übertragungssystems 3 kennzeichnende Parameter ist der Momentenaufteilungsfaktor  $K_{ME}$ , welcher definiert ist durch das Verhältnis zwischen dem von einer Kupplung oder einem anderen drehmomentübertragenden System, wie z. B. einer Wandlerüberbrückungskupplung, übertragbaren Drehmoment zu dem gesamten von dem Drehmoment-Übertragungssystem übertragbaren Drehmoment.

Der Momentenaufteilungsfaktor  $K_{ME}$  gibt somit an, in welchem Verhältnis das übertragbare Drehmoment z. B. einer Kupplung 3b zum gesamten übertragbaren Drehmoment steht.

Bei einem  $K_{ME}$ -Wert kleiner 1 bedeutet dies, daß das übertragbare Drehmoment zwischen den parallel geschalteten Systemen 3a, 3b aufgeteilt wird und das von den jeweiligen einzelnen Systemen 3a, 3b übertragene Drehmoment kleiner ist als das anstehende oder zu übertragende Gesamtdrehmoment.

Bei  $K_{ME} = 1$  wird das übertragbare Drehmoment nur von einem der parallel angeordneten Systeme 3a, 3b übertragen, insbesondere von der Kupplung 3b. Bei kurzzeitigen Drehmomentenspitzen mit Werten, welche über dem Wert des übertragbaren Momentes liegen, kommt es zum Rutschen oder Schlupfen der Kupplung bzw. des Drehmomentübertragungssystems. Im Betriebsbereich ohne Drehmomentenspitzen wird jedoch das gesamte Drehmoment von einem System 3a, 3b übertragen.

Bei einem  $K_{ME}$ -Wert größer 1 wird ebenfalls das gesamte anstehende Drehmoment von einem System übertragen, aber z. B. die Anpressung der Kupplung entspricht einem übertragbaren Drehmoment, welches größer ist als das anstehende Drehmoment. Dadurch können größere Drehmomentungleichförmigkeiten herausgefiltert werden, die über einem Schwellenwert liegen und geringe Drehmomentungleichförmigkeiten werden nicht gefiltert.

Ein weiterer Vorteil einer definierten Überanpressung im Gegensatz zur voll geschlossenen Kupplung ist die kürzere Reaktionszeit des Systems, bis beispielsweise die Kupplung geöffnet ist. Das System muß nicht von der vollständig eingerückten Position die Kupplung öffnen, sondern nur von der aktuell eingestellten Position. Bei gleicher Zeitdauer kann hingegen ein etwas langsamerer Aktuator Verwendung finden.

Die Fig. 2a bis 2e zeigen das Verhalten von physikalischen Eigenschaften bzw. physikalischen Größen von Drehmoment-Übertragungssystemen als Funktion des Momentenaufteilungsfaktors  $K_{ME}$ , am Beispiel eines hydrodynamischen Strömungswandlers mit Wandlerüberbrückungskupplung. Die Plus- bzw. Minuszeichen an den Ordinatenachsen weisen auf einen positiveren oder negativeren Einfluß des  $K_{ME}$ -Faktors auf die dargestellten physikalischen Eigenschaften hin.

Die Fig. 2a zeigt die Akustikeigenschaften des Antriebsstranges eines Kraftfahrzeuges, wobei ein Kurvenverlauf eines Drehmoment-Übertragungssystems mit Dämpfer und ein Verlauf eines Drehmoment-Übertragungssystems ohne Dämpfer als Funktion von  $K_{ME}$  dargestellt sind. Beide Kurven für die Drehmoment-Übertragungssysteme mit bzw. ohne Dämpfer verlaufen parallel als Funktion von  $K_{ME}$ . Das Drehmoment-Übertragungssystem mit Dämpfer weist eine etwas erhöhte Qualität bezüglich der Akustik auf, im Vergleich zu dem Drehmoment-Übertragungssystem ohne Dämpfer. Als Funktion des  $K_{ME}$ -Wertes zeigt sich, daß für  $K_{ME} = 0$  die Akustik ihren günstigsten Wert annimmt. Mit wachsendem  $K_{ME}$  sinken die Akustikeigenschaften monoton, bis bei hohen  $K_{ME}$ -Werten die Akustikeigenschaften einen Übergang zu einem  $K_{ME}$  unabhängigen konstanten Verlauf zeigen.

Dieses Verhalten der Akustikeigenschaften in Abhängigkeit des Momentenaufteilungsfaktors  $K_{ME}$  kann durch die verstärkte Abkopplung des Antriebsstranges von Drehmomentungleichförmigkeiten und Drehmomentenspitzen des Antriebsaggregates aufgrund einer Schlupfzunahme als Funktion eines erniedrigten  $K_{ME}$ -Wertes erklärt werden.

Mit abnehmendem Schlupf im Drehmoment-Übertragungssystem und zunehmendem  $K_{ME}$  werden die Drehmomentungleichförmigkeiten im Antriebsstrang stärker übertragen und die Dämpfungswirkung wird gleichzeitig reduziert bis bei einem bestimmten  $K_{ME}$ -Wert die Dämpfung minimal wird bzw. nicht mehr vorhanden ist. Somit resultiert ein konstantes Akustik-Verhalten als Funktion eines weiter steigenden  $K_{ME}$ -Wertes. Der  $K_{ME}$ -Wert, bei welchem ein konstantes Akustik-Verhalten als Funktion des Momentenanteilungsfaktors eintritt, ist abhängig von der jeweiligen Charakteristik des Antriebsstranges. Dieser Wert liegt bei charakteristischen Systemen bei ca.  $K_{ME} = 2$ . Bei diesem Wert ist die Kupplung des Drehmoment-Übertragungssystems soweit geschlossen, daß im wesentlichen jede Drehmomentschwankung übertragen wird.

Die Fig. 2b zeigt die thermische Belastung eines hydrodynamischen Strömungswandlers mit Wandlerüberbrückungskupplung als Funktion des  $K_{ME}$ -Wertes. Als thermische Belastung kann beispielsweise der Energieeintrag in das System aufgrund von Reibung oder aufgrund von Differenzgeschwindigkeiten von Bauteilen verstanden werden. Im speziellen kann beispielsweise der Energieeintrag in einem Drehmomentwandler bzw. in die Flüssigkeit eines Drehmomentwandlers betrachtet werden. Ebenso kann der Energieeintrag in die Reibflächen einer Wandlerüberbrückungskupplung und/oder Reibungskupplung darunter verstanden werden.

Der für  $K_{ME} = 0$  geringe Wert der thermischen Belastung steigt mit zunehmendem  $K_{ME}$ -Wert. Unter thermischer Belastung des Systems ist unter anderem der Energieeintrag aufgrund von Drehzahlunterschieden zu verstehen. Mit zunehmendem  $K_{ME}$  nimmt der Energieeintrag aufgrund von Drehzahlunterschieden im Wandler ab, bis bei  $K_{ME} = 1$  die Wandlerüberbrückungskupplung geschlossen ist und die Drehzahlunterschiede gleich Null sind und somit die thermische Belastung ihren günstigsten Wert annimmt. Für  $K_{ME} \geq 1$  ist die thermische Belastung konstant und gleich dem Wert für  $K_{ME} = 1$ .

Die Fig. 2c zeigt die Änderung der Zugkraft, die als Funktion eines steigenden  $K_{ME}$ -Wertes abnimmt, da mit geringem  $K_{ME}$ -Wert der Wandlungsbereich eines Drehmomentwandlers besser ausgenutzt wird und/oder der geringe  $K_{ME}$ -Wert ein Erreichen eines anderen, günstigeren Betriebspunktes der Brennkraftmaschine erlaubt.

Fig. 2d läßt einen mit steigendem  $K_{ME}$ -Wert günstiger werdenden Verbrauch erkennen. Durch einen verringerten Schlupf beispielsweise im Bereich des hydrodynamischen Strömungswandlers kann der Kraftstoffverbrauch durch eine mit steigendem  $K_{ME}$ -Wert zunehmend geschlossenere Kupplung reduziert werden.

Die Fig. 2e stellt das Lastwechselverhalten als Funktion des  $K_{ME}$ -Wertes dar. Das Lastwechselverhalten zeigt sich als am günstigsten bei  $K_{ME} = 1$ , d. h. bei einer derart geschlossenen Kupplung, deren übertragbares Moment genau dem anliegenden Moment entspricht.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Blockschaltbildes eines Steuerverfahrens. In dieser Darstellung werden Stellglied und Steuerstrecke in einem zusammenfassenden Block 4 dargestellt. Das Steuerverfahren 5, die Adaption 6 (Systemadaption und/oder Parameteradaption) können ebenfalls jeweils in übergreifenden Blöcken dargestellt werden.

Die Steuerstrecke mit Stellglied bzw. Übertragungseinheit mit Stellglied 31 und die an dem System wirkenden Störungen sind in Block 4 dargestellt. Das Antriebsaggregat 16, wie Brennkraftmaschine oder Motor, setzt in Abhängigkeit von den Eingangsgrößen 14, wie beispielsweise Einspritzmenge, Lasthebel, Drehzahl des Antriebsaggregats etc. bzw. den Systemkenngrößen 32, wie Temperatur etc. ein Motormoment  $M_{mot}$  33 frei. Dieses Motormoment  $M_{mot}$  33 wird zum Teil durch Nebenverbraucher 34, wie Lichtmaschine, Klimaanlage, Servopumpen, Lenkhilfpumpen etc. verzweigt. Die Berücksichtigung dieser Nebenverbraucher erfolgt im Block 35 durch Subtraktion des abgezweigten Moments 34a vom Motormoment 33 zu einem resultierenden Nettomoment 36.

Die Dynamik des Motors 16 und/oder des Triebstranges, wie z. B. aufgrund des Massenträgheitsmomentes des Schwungrades wird in Block 37 berücksichtigt. Die Dynamik kann insbesondere die Trägheitsmomente der jeweiligen Bauteile und die Auswirkung dieser Trägheitsmomente auf das Nettoantriebsmoment berücksichtigen. Das im Hinblick auf die Dynamik des Systems korrigierte Moment  $M_{dyn}$  38 wird durch eine Übertragungseinheit mit Stellglied 31 übertragen und von dort als Kupplungs-Istmoment 48 an das Getriebe bzw. an das nachgeschaltete Fahrzeug 39 weitergeleitet.

Die Übertragungseinheit 31 mit Stellglied ist beeinflusst von Größen 40, wie der Temperatur, dem Reibwert der Reibbeläge, von Drehzahlen, vom Schlupf etc. Hinzu kommt, daß die Übertragungseinheit 31 ebenso wie der Motor 16 durch Streuung, Alterung oder Störungen von nicht direkt meßbaren Einflußgrößen gestört und/oder beeinflusst wird bzw. werden kann. Diese Beeinflussung wird durch den Block 41 dargestellt.

Die Adaption 6 läßt sich grundsätzlich in drei Bereiche teilen. Zum einen werden die Nebenverbraucher oder Nebenaggregate 7 berücksichtigt und die damit im Zusammenhang stehenden Adaptionstrategien oder Adaptionungsverfahren zur Adaption von Störgrößen und Störeinflüssen verwendet. Als solche Nebenverbraucher werden Klimaanlage, Lichtmaschine, Lenkhilfpumpe, Servopumpen und weitere Nebenverbraucher betrachtet, die eine Momentenanteileilung bzw. -abzweigung bewirken.

Zur Adaption der Nebenverbraucher 7 werden Signale und Informationen 8 dieser Nebenverbraucher 7 verwendet, um den jeweiligen Status dieser Nebenverbraucher 7 bestimmen und/oder berechnen zu können. Der Status gibt unter anderem an, ob der jeweilige Nebenverbraucher ein Moment abzweigt, weil er eingeschaltet oder ausgeschaltet ist und falls er eingeschaltet ist, wie groß das abgezweigte Moment zum jeweiligen Zeitpunkt ist.

In Fig. 3 wird deutlich, daß die Systemadaption neben der Nebenverbraucheradaption 7 zwischen einer ersten und einer zweiten Adaptionsschleife 9, 11 unterscheidet. In der ersten Adaptionsschleife 9 werden Einflüsse meßbarer Störgrößen 10 berücksichtigt. In der zweiten Adaptionsschleife 11 werden Einflüsse nur indirekt meßbarer Störgrößen oder Streuungen anhand von direkt meßbaren Abweichungen und Systemzustandsgrößen 12 erfaßt.

Eine Korrektur und/oder eine Kompensation dieser Störeinflüsse erfolgt entweder dadurch, daß die die Störgröße beeinflussenden Parameter verändert werden und/oder dadurch, daß die Störgrößen durch virtuelle Störgrößen nachgebildet und anhand dieser virtuellen Störgrößen kompensiert werden. In beiden Fällen wird

die Störgröße so korrigiert oder kompensiert, daß die Störeinflüsse bzw. die Störgrößen ausgeschaltet oder auf ein zulässiges Maß reduziert werden. Durch die Nachbildung von Störgrößen durch virtuelle Störgrößen kann die korrekte Ursache für eine Störung nicht zwingend lokalisiert werden, jedoch kann dadurch der Einfluß der Störgröße auf das Gesamtsystem im obigen Sinne positiv beeinflußt werden.

Weiter ist in Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Momentensteuerung mit Adaption und deren Zusammenwirken mit einer beliebigen Strecke und einem Stellglied dargestellt. Die im folgenden beschriebene Momentensteuerung kann dabei für Systeme, wie Drehmoment-Übertragungssysteme, mit oder ohne Leistungsverzweigung eingesetzt werden.

Im Adaptionsblock 7 erfolgt die Adaption der Nebenverbraucher. Die Nebenaggregate, wie z. B. Lichtmaschine, Lenkpumpe oder Klimaanlage stellen eine Verzweigung des Momenten- und/oder Leistungsflusses dar, indem ein Teil des vom Motor gelieferten Antriebsmoments  $M_{\text{mot}}$  vom jeweiligen Aggregat aufgenommen wird. Für eine Kupplungsansteuerung bedeutet dies, daß von einem Antriebsmoment  $M_{\text{mot}}$  ausgegangen wird, das real nicht zur Verfügung steht, d. h. daß das vom vermeintlich höheren Motormoment ausgehende Soll-Kupplungsmoment und damit auch die so ermittelte Stellgröße zu groß sind. Die Erkennung einer solchen Leistungsverzweigung, die im weiteren mit Adaption der Nebenverbraucher bezeichnet wird, kann z. B. dadurch geschehen, daß entsprechende Zusatzsignale oder Meßgrößen, wie das Zuschalten oder Abschalten des Klimakompressors, der Klimaanlage und anderer Nebenverbraucher ausgewertet werden.

In einem zweiten Adaptionsblock 9 erfolgt eine Korrektur von Störungen, die durch meßbare Größen, wie z. B. Temperaturen — z. B. hat die Kühlwassertemperatur einen Einfluß auf das Motormoment — oder Drehzahl — der Reibwert kann sich über den Schlupf ändern — verursacht werden. Diese Korrekturen werden im weiteren mit Adaption 1 bezeichnet. Eine Kompensation und/oder Korrektur kann in diesem Falle entweder durch Parameteradaption, z. B. Reibwertkorrektur im weiteren Kompensationsblock 28 oder im Übertragungsblock 30 über der Temperatur erfolgen oder aber durch eine Systemadaption in Form von theoretisch oder empirisch erstellten Störmodellen erfolgen, z. B. eine nichtlineare Korrektur des Motormoments über der Temperatur.

Im dritten Adaptionsblock 11 werden Störungen, die aufgrund von nichtmeßbaren Systemeingangsgrößen und/oder Alterung und/oder Streuungen hervorgerufen werden, korrigiert und/oder kompensiert. Da diese Art von Störungen, wie z. B. Alterung oder Streuung nicht aus direkt meßbaren Eingangsgrößen detektiert werden kann, muß sie durch Beobachtung von Systemreaktionen erkannt werden. Das bedeutet, daß solche Störungen nicht durch Vorhaltung kompensiert werden können bevor sie sich auswirken, sondern daß man die Reaktion des Systems als Abweichung vom erwarteten Verhalten beobachten und anschließend korrigieren und/oder kompensieren muß.

Diese Abweichungen können entweder direkt gemessen, z. B. mittels eines Momentenfühlers an der Kupplung oder aber sie können aus anderen Meßgrößen mittels eines Prozeßmodells zurückgerechnet werden. Im Falle der Detektion werden entsprechende Referenzkennfelder bzw. eindeutige Referenzgrößen des Systems benötigt. Zur Kompensation einer derart erkannten Störung muß anschließend entweder die Störquelle lokalisiert und korrigiert werden, oder aber es wird z. B. eine virtuelle Störquelle A oder B angenommen, an der die detektierte Abweichung korrigiert wird. Ebenso kann eine Störung auch einem vorhandenen Block, wie z. B. den Motorblock 13 oder der inversen Übertragungsfunktion der Übertragungseinheit: im Übertragungsblock 30 zugeschrieben werden.

Die Zuschreibung der Störung kann fiktiv sein, ohne daß ein solcher Block ursächlich für die Störung verantwortlich ist. Die Erfassung der Zustandsgrößen muß dabei im Unterschied zur Regelung nicht permanent erfolgen und kann auf bestimmte Betriebsbereiche reduziert werden.

In den Phasen, in denen keine Adaption erfolgt, werden die adaptierten Parameter verwendet, welche in einer früheren Adaptionsphase ermittelt wurden.

Entsprechend Fig. 3 wird im Motorkennblock 13 aus den verschiedenen Eingangsgrößen 14 das Antriebsmoment 15  $M_{\text{mot}}$  des Antriebsaggregats 16, wie z. B. einer Brennkraftmaschine, gebildet und/oder berechnet.

Die hierfür herangezogenen Größen umfassen zumindest zwei der folgenden Größen, nämlich die Drehzahl des Antriebsaggregats, die Lasthebelstellung bzw. die Gaspedalstellung der Kraftstoffzufuhr, der Unterdruck im Ansaugsystem, die Einspritzzeit, der Verbrauch etc. Des weiteren können bei der Bildung oder Berechnung des Antriebsmomentes  $M_{\text{mot}}$  15 gewonnene Erkenntnisse über eventuelle Störeinflüsse (Verschleiß, Temperatur) verarbeitet werden.

Im Verknüpfungsblock 17 erfolgt eine Verknüpfung, die aufgrund der Berücksichtigung der Nebenverbraucher im Adaptionsblock 7 eine Korrektur des Antriebsmomentes bewirkt. Diese Korrektur erfolgt auf additivem Wege, in der Art, daß die in 7 ermittelten abgezweigten Momente der Nebenverbraucher von dem Motormoment 15  $M_{\text{mot}}$  subtrahiert werden. Dieses korrigierte Motormoment wird im folgenden mit  $M_{\text{Netto}}$  18 bezeichnet.

Das um die abgezweigten Drehmomente der Nebenverbraucher korrigierte Motormoment 18 ist die Eingangsgröße für den Block 19, der als Kompensationsblock für die Störgrößenkorrektur bzw. -kompensation dient. Im Kompensationsblock 19 können durch entsprechende Korrekturfaktoren oder Korrekturmaßnahmen Störquellen simuliert werden, deren Störgröße mit den real auftretenden Störgrößen vergleichbar sind oder sein können. Die virtuellen Störgrößen gehen auf den Adaptionsblock 2 zurück und gleichen die im System auftretenden Abweichungen und/oder Schwankungen aufgrund von z. B. Fertigungstoleranzen, Verschmutzung etc. gegenüber dem gewünschten Soll-Zustand aus.

Die Korrektur kann hierbei durch additive, multiplikative, funktionale und/oder nichtlineare Anteile erfolgen. Dabei ist im allgemeinen nur von Bedeutung, daß die Wirkung der Störung kompensiert wird bzw. auf ein zulässiges Maß innerhalb eines Bereiches von akzeptablen Grenzwerten reduziert wird. So können z. B. additive Störungen in der Form eines virtuellen Verbrauchers berücksichtigt werden und so dem Antriebsmoment überlagert werden, auch wenn die Störung eine andere physikalische Ursache besitzt.

Im Dynamikblock 20 kann die Dynamik des zu steuernden Prozesses, z. B. in Form der Berücksichtigung von Massenträgheitsmomenten, z. B. der bewegten Motormasse, nachgesteuert werden, wenn dies für das Verhalten des Systems oder die Steuerung vorteilhaft ist. Dadurch ergeben sich z. B. bei starken Beschleunigungen bzw. Verzögerungen Verbesserungen bei der Güte der Ansteuerung. Das derart Dynamikkorrigierte Antriebsmoment 21 wird im folgenden auch  $M_{AN}$  bezeichnet.

Im Betriebspunkterkennungsblock 22 wird in Abhängigkeit des jeweiligen Betriebspunktes das Soll-Kupplungsmoment  $M_{KSoll}$  festgelegt. Dies berechnet sich aus einem prozentualen Anteil des dynamisch korrigierten Momentes  $M_{AN}$  und einem Sicherheitsmoment  $M_{Sicher}$ , welches im Sicherheitsblock 25 beschrieben wird. Der prozentuale Anteil wird über den Momentenaufteilungsfaktor  $K_{ME}$  in einem weiteren Kennfeldblock 23 festgelegt. Der prozentuale Anteil des dynamisch korrigierten Momentes kann durch einen weiteren Korrekturblock 24 verändert werden.

Für Systeme mit einer echten Leistungsverzweigung, wie im Falle eines Wandlers mit Überbrückungskupplung, kann der Anteil der Sicherheitsfunktion  $M_{Sicher} = 0$  werden, da sich im Schlupffall über den Wandler ein Moment aufbaut.

Im Falle eines Gesamtsystemes ohne Leistungsverzweigung muß durch die Sicherheitsfunktion  $M_{Sicher}$  gewährleistet sein, das z. B. im Schlupffall ein additives Moment zum bestehenden Moment addiert wird und somit verhindert wird, daß sich ein zu hoher Schlupfwert aufbaut.

Im Kennfeldblock 23 wird der für einen jeweiligen Betriebspunkt korrekte Anteilsfaktor  $K_{ME}$  festgelegt bzw. ermittelt. Dieser Faktor  $K_{ME}$  wird in entsprechenden Kennfeldern bzw. Kennlinien abgelegt bzw. abgespeichert, in welche eine oder mehrere der folgenden Größen, wie Motordrehzahl, Motormoment, Fahrgeschwindigkeit etc. eingehen. Dieser  $K_{ME}$ -Faktor stellt bei zwei Systemen mit einer Leistungsverzweigung in der Art eines Wandlers mit Überbrückungskupplung, das von der Steuerung einzustellende Verhältnis zwischen dem übertragbaren Kupplungsmoment und dem zur Verfügung stehenden Wellenmoment dar.

Bei Systemen ohne Leistungsverzweigung wird durch den Anteilsfaktor  $K_{ME}$  der direkte Anteil der Momentensteuerung festgelegt. Das restliche Moment wird durch das im Sicherheitsblock 25 ermittelte schlupfabhängige Sicherheitsmoment übertragen.

Im Korrekturblock 24 kann noch eine weitere Dynamik-Korrektur und/oder -kompensation des zuvor ermittelten prozentualen Anteils des Momentes erfolgen. Diese Korrektur und/oder Kompensation kann in der Art einer Anstiegsbegrenzung des Sollmomentes erfolgen und wird im folgenden mit Gradientenbegrenzung bezeichnet.

Die Gradientenbegrenzung kann z. B. in Form eines maximal zulässigen Inkrements pro Abtastschritt oder durch ein vorgegebenes Zeitverhalten erfolgen. Durch diese Maßnahme wird die Anregung des Triebstranges auf ein maximal zulässiges Maß beschränkt, und man erreicht dadurch ein gutes und komfortables Lastwechselverhalten.

Im Sicherheitsblock 25 wird im jeweiligen Betriebspunkt ein Sicherheitsmoment  $M_{Sicher}$  ermittelt. Dieses Sicherheitsmoment kann z. B. in Abhängigkeit der Schlupfdrehzahl berechnet werden. In diesem Falle würde das Sicherheitsmoment mit steigendem Schlupf größer werden. Hierdurch kann bei Systemen ohne Leistungsverzweigung die Kupplung geschützt werden. Des weiteren kann durch eine derartige Sicherheitsfunktion eine thermische Überlastung des jeweiligen Übertragungssystems verhindert oder vermindert werden. Die funktionale Abhängigkeit zwischen dem Sicherheitsmoment und dem Schlupf kann dabei durch eine entsprechende Funktion beschrieben werden bzw. durch Kennlinien bzw. Kennfelder vorgegeben werden. Die Ausgangsgröße 27, das Kupplungssollmoment, des übergeordneten Blocks 26 kann durch

$$M_{KSoll} = K_{ME} \cdot M_{AN} + M_{Sicher}$$

dargestellt werden, wobei der Dynamikblock 24 in dieser Formel nicht berücksichtigt ist. Unter Berücksichtigung des Blocks 24 kann das Kupplungssollmoment mit

$$M_{KSoll} = f_{Dyn}(K_{ME} \cdot M_{AN}) + M_{Sicher}$$

beschrieben werden, wobei  $f_{Dyn}(K_{ME} \cdot M_{AN})$  die Dynamik-Korrektur bzw. die Dynamikberücksichtigung im Block 24 beinhaltet.

Das Kupplungssollmoment wird durch die vom Betriebspunkt 22 abhängigen Größen des Momentenaufteilungsfaktors  $K_{ME}$  und des Sicherheitsmomentes  $M_{Sicher}$  25 bestimmt.

In einem weiteren Kompensationsblock 28 kann durch eine zweite virtuelle Störquelle B nochmals eine Korrektur des Kupplungssollmomentes  $M_{KSoll}$  erfolgen.

Im Übertragungsblock 30 wird dieses korrigierte Kupplungssollmoment  $M_{KSoll-korr}$  29 mittels einer inversen Übertragungsfunktion der Übertragungseinheit des Stellgliedes in die Stellgröße umgewandelt. Mittels dieser Stellgröße wird die Übertragungseinheit mit Stellglied 31 angesteuert, die dann die entsprechenden Aktionen ausführt.

Unter der mit 31 bezeichneten Übertragungseinheit mit Stellglied werden unter anderem Systeme mit einer Leistungsverzweigung, wie Wandler mit Überbrückungskupplung oder Systeme ohne Leistungsverzweigung in Form einer Kupplung, wie z. B. Reibungskupplungen, verstanden. Die verwendeten Kupplungen im Falle von Systemen ohne Leistungsverzweigung können z. B. Naßkupplungen, Trockenkupplungen, Magnetpulverkupplungen, Wendesatzkupplungen, Sicherheitskupplungen etc. sein.

Die Erzeugung der zum Bedienen des Stellgliedes notwendigen Energie/Kraft kann dabei beispielsweise auf elektromotorische, hydraulische, elektrohydraulische, mechanische, pneumatische oder sonstige Weise erfolgen.

Die Fig. 4 zeigt ein Blockschaltbild eines Steuerverfahrens mit Adaption, wobei der übergreifende Steuer-



block 5 und einzelne Adaptionsblöcke dargestellt sind. Der in dieser Figur nicht dargestellte Block 4 der Steuerstrecke mit Stellglied aus Fig. 3 ist für die Fig. 4 insofern ebenso gültig und kann aus Fig. 3 übernommen werden.

Ausgehend vom Kennfeldblock 13 wird ein Motormoment 15 vorgegeben, das mit einem Korrekturmoment 42 additiv derart verarbeitet wird, daß das Korrekturmoment 42 von dem Motormoment 15 subtrahiert wird. Das Differenzmoment 43 wird um die abgezweigten Momente der Nebenverbraucher 7 ebenfalls additiv korrigiert, wobei wiederum die Momente der jeweiligen Nebenaggregate ihrem Zustand entsprechend von dem Moment 43 subtrahiert werden.

Die so behandelten Momente bzw. Drehmomente der Nebenverbraucher bzw. Nebenaggregate werden aus Daten bzw. Signalen des Betriebspunktes 22 der einzelnen Aggregate und/oder aus Zusatzsignalen 44, wie z. B. Ein- und/oder Um- und/oder Ausschaltsignalen bzw. typischen Betriebssignalen, wie z. B. Strom-Spannungs-Signale der Lichtmaschine, ermittelt oder berechnet.

Die Ermittlung kann z. B. dadurch geschehen, daß typische Betriebssignale in einem Kennfeld oder einer Kennlinie abgelegt sind, und damit eine zugehörige Momentenaufnahme der Nebenverbraucher durch Auslesen eines Kennfeldes oder einer Kennlinie ermittelt wird. Eine ebenfalls mögliche Ermittlungsvariante ist die Abspeicherung von Gleichungen oder Gleichungssystemen, bei welchen Signalgrößen als Parameter eingehen und die Lösung dieser Gleichungen bzw. Gleichungssysteme die Momentenaufnahme bestimmt.

Das korrigierte Signal 45 kann aufgrund des Dynamikblocks 20 eine Dynamikkorrektur erfahren. Der Dynamikblock 20 berücksichtigt z. B. die Trägheitsmomente der rotierende Bauteile, wie Motorteile und z. B. des Schwungrades bzw. die Trägheitsmomente anderer Bauteile des Triebstranges. Aus den Zustandsgrößen 40 des Systems wird der Betriebspunkt 22 ermittelt bzw. errechnet. Dies kann durch ein Ermitteln von Daten aus Kennfeldern ermöglicht werden oder durch die Lösung von Gleichungen oder Gleichungssystemen realisiert werden, wobei die Zustandsgrößen als Parameter in diese Gleichungen eingehen.

Aus dem Betriebspunkt 22 wird beispielsweise aus einem Kennfeld der Momentenaufteilungsfaktor  $K_{ME}$  23 ermittelt. Das Dynamik-korrigierte Signal 46 wird mit dem Momentenaufteilungsfaktor 23 multipliziert und somit wird das Moment, welches z. B. von einer Wandlerüberbrückungskupplung eines hydrodynamischen Strömungswandlers mit Wandlerüberbrückungskupplung übertragen wird, bestimmt. Das Signal kann wiederum mit Hilfe des Dynamikblocks 24 korrigiert werden.

In dem in Fig. 4 dargestellten Beispiel wird der Dynamikblock 24 als Gradientenbegrenzung, d. h. eine Begrenzung des maximalen Anstieges des Momentes, realisiert. Diese Gradientenbegrenzung kann z. B. so realisiert werden, daß der Anstieg des Momentes als Funktion der Zeit innerhalb eines festen Zeitbereiches mit einem maximal zulässigen Wert, wie z. B. einer Rampe, verglichen wird und bei Überschreiten des realen Anstieges über den Maximalwert der Rampe, wird das Rampensignal als realer Wert verwendet.

Eine weitere Möglichkeit einer Gradientenbegrenzung kann durch einen dynamischen Filter realisiert werden. Das Zeitverhalten des Filters kann je nach Betriebspunkt unterschiedlich gewählt werden, so daß bei Verwendung z. B. eines  $PT_1$ -Filters die Zeitkonstante als Funktion des Betriebspunktes einstellbar ist.

Das Ausgangssignal 47 des Blocks 24, das Kupplungssollmoment  $M_{Ksoll}$  wird wie nach Fig. 3 an die Übertragungseinheit mit Stellglied weitergeleitet. Dieses Kupplungssollmoment wird mit dem Kupplungs-Istmoment  $M_{Kist}$  48 an der Verknüpfungsstelle 49 verglichen. Dieser Vergleich wird durch einen additiven Prozeß gewährleistet, in dem das Kupplungs-Istmoment vom Kupplungssollmoment subtrahiert wird und somit eine Differenz  $\Delta M$  50 gebildet wird. Das Differenzmoment  $\Delta M$  wird in den nachfolgenden Blöcken des Blockschalbildes zu einem Korrekturmoment 42 verarbeitet, welches an der Verknüpfungsstelle 52 mit dem Motormoment 15 verarbeitet wird.

Die Adaption in diesem Beispiel der Fig. 4 führt keine Lokalisierung der Störgrößen durch, sondern führt die Störungen auf fiktive Störgrößen bzw. Störungen zurück. Die Korrektur und/oder Kompensation dieser realen Störgrößen mittels fiktiver Störgrößen verlangt nicht mehr die Lokalisierung und dementsprechend auch nicht mehr die Korrektur der realen Fehlerursachen und Fehler. Bei dem in Fig. 4 gezeigten Beispiel wird als fiktive Störquelle das Motormoment bzw. das Motorkennfeld angesehen, so daß alle auftretenden Fehler und Störungen als Störungen des Motormomentes gedeutet werden und durch ein Motorkorrekturmoment  $M_{mot, kor}$  korrigiert bzw. kompensiert werden.

Ziel der Adaption ist es, eine möglichst genaue Einstellung des Momentenaufteilungsfaktor  $K_{ME}$  zu realisieren, um auf die Störungen optimal reagieren zu können und um das physikalische Verhalten des Systems optimieren zu können.

Die Korrekturgröße  $M_{mot, kor}$  kann auf dem Wege der Lösung von Gleichungen bzw. Gleichungssystemen und/oder durch die Verwendung eines Korrekturkennfeldes ermittelt werden. Die Realisierung eines Korrekturkennfeldes kann derart gestaltet sein, daß die Korrekturgröße z. B. über zwei Dimensionen abgelegt wird. Bei der Ermittlung des Korrekturkennfeldes bietet sich beispielsweise an, die selben Dimensionen zu verwenden, unter welchen das Motorkennfeld abgelegt ist, wie z. B. der Verbrauch und die Motordrehzahl. Als eine Dimension dieses Korrekturkennfeldes kann aber auch eine Größe verwendet werden, welche eine Abhängigkeit der Übertragungsfunktion der Strecke widerspiegelt, wie z. B. die Turbinendrehzahl.

Die Konstruktion eines solchen Korrekturkennfeldes über dem Motormoment und der Motordrehzahl kann z. B. durch die Festlegung von drei Stützstellen durchgeführt werden. Durch drei Stützstellen kann eine Ebene festgelegt werden, die das Korrekturkennfeld als Funktion der beiden Dimensionen bestimmt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß vier Stützstellen gewählt werden und die vier Stützstellen eine Fläche definieren, die das Korrekturkennfeld bestimmt. Der Block 51 führt in diesem Kontext eine Gewichtung der Stützstellen als Funktion des jeweiligen Betriebspunktes durch. Diese Gewichtung der Stützstellen wird durchgeführt, da über die Fläche des Korrekturkennfeldes von jedem Betriebspunkt aus eine Aussage über Korrekturwerte wie in anderen Betriebspunkten gemacht werden kann. Da dies jedoch zu Fehlern führen kann und die Aussagen in

Teilbereichen des Korrekturkennfeldes nicht linear in andere Teilbereiche übernommen werden können, wird die Gewichtung der Stützstellen eingeführt.

Die Gewichtung hat zur Folge, daß je nach Betriebspunkt bzw. Bereich des Betriebspunktes die Stützstellen anders gewichtet werden und somit der Einfluß von vom Betriebspunkt weiter entfernten Punkten im Korrekturkennfeld eine geringere oder größere Bedeutung bekommt. Der Gewichtung der Stützstellen folgt ein Block 53, welcher das Zeitverhalten der Adaption beeinflusst. Der Block 54 stellt den Korrekturkennfeldblock dar, welcher aus dem Betriebspunkt 22 den Motormomentenkorrekturwert 42 ermittelt, welcher am Verknüpfungspunkt 52 mit dem Motormoment 15 verarbeitet wird.

Die Fig. 5a bis 5c zeigen in einer schematischen Darstellung die möglichen Störungen des Motormoments als Funktion der Zeit. In Fig. 5a ist das Soll-Moment als horizontale Linie und das Ist-Moment als horizontale Linie mit einer Stufe dargestellt. Diese Stufe kann als additiver Anteil des Motormomentes identifiziert werden, welcher z. B. durch Zusatzaggregate verursacht wird. Eine Stufe im Ist-Moment entsteht so beispielsweise bei dem Ein- oder Ausschalten bzw. Umschalten eines Zusatzaggregates in einen anderen Betriebsbereich. Je nachdem, ob die abgezweigte Leistung erhöht oder verringert wird, kann die Stufe das Ist-Moment erhöhen oder erniedrigen. Aus der Stufenhöhe und aus dem Zeitverhalten kann möglicherweise eventuell eine Aussage darüber getroffen werden, welches Zusatzaggregat zu-, ab- oder umgeschaltet wurde.

Die Fig. 5b zeigt das Soll-Moment und das Ist-Moment in einem im Vergleich zu Fig. 5a anderen Betriebszustand. Die Differenz zwischen den beiden Kurven kann als Störgröße identifiziert werden, welche einen multiplikativen Anteil des Kupplungsmomentes beeinflusst. Eine Kompensation und/oder Korrektur dieser Störgröße muß somit multiplikativen Charakter tragen.

Die Fig. 5c zeigt wiederum das Soll- und das Ist-Moment, wobei die beiden Momente durch einen additiven Anteil voneinander getrennt sind. Die Korrektur und/oder Kompensation dieser Störung kann durch einen additiven Anteil des Kupplungsmomentes vorgenommen werden. Das Beispiel in Fig. 5b kann z. B. durch eine Reibwertänderung und das Beispiel der Fig. 5c durch eine Abweichung der Stellgröße erklärt werden.

In Fig. 6 ist ein Korrekturkennfeld dargestellt, bei welchem das Motorkorrekturmoment als Funktion des Motormomentes und der Motordrehzahl dargestellt ist. Als Stützstellen 55 werden insbesondere die vier Eckpunkte des Wertebereiches verwendet. Die Gewichtung der Stützstellen im Block 51 der Fig. 4 kann z. B. dadurch erfolgen, daß in bestimmtem Betriebspunkt die Stützstellen in ihrer vertikalen Lage derart verändert werden, daß der Nahbereich um den Betriebspunkt eine höhere Gewichtung erfährt. Diese Gewichtung durch eine Veränderung der vertikalen Lage der Stützstellen kann je nach Betriebspunkt derart gestaltet sein, daß eine bis vier Stützstellen diese Veränderung erfahren.

Die Festlegung von vier Stützstellen 55, die eine Fläche bilden, kann auch dadurch abgewandelt werden, daß von sechs Stützstellen 55 ausgegangen wird, siehe Fig. 6a, wobei immer drei Stützstellen entlang einer Achse angeordnet sind und durch sechs Stützstellen zwei Flächen mit je vier Stützstellen definiert werden, wobei zwei Stützstellen von beiden Flächen beansprucht werden.

Eine weitere Ausgestaltung kann dadurch gekennzeichnet sein, daß neun Stützstellen verwendet werden, siehe Fig. 6b, um vier Flächen zu definieren. Das Kennfeld ist derart aufgebaut, daß je zwei nebeneinander liegende und zu einer Fläche gehörende Stützstellen durch eine Gerade verbunden sind, so daß die Umrandung einer solchen Fläche innerhalb des Definitionsbereiches durch vier Geraden gebildet wird und die Projektion der Kennfeldfläche auf den Definitionsbereich ein Vieleck, insbesondere kein Rechteck oder kein Quadrat darstellt. Die Verbindungslinien zwischen zwei gegenüberliegenden Begrenzungsgeraden des Kennfeldes, die in einer Ebene liegen, die parallel ist zu einer Ebene, die aufgespannt wird von einer Seitengerade des Kennfeldes und der Definitionsbereichsachse des Kennfeldes, sind ebenfalls Geradenabschnitte.

Eine weitere Ausgestaltung des Kennfeldes der Fig. 6 kann eine gekrümmte Fläche darstellen, die nach einem funktionalen Zusammenhang im dreidimensionalen Raum erzeugt wird, wie z. B. eine Parabel zweiter Ordnung. Die Fläche, die das Kennfeld charakterisiert, kann eine gekrümmte Fläche sein, die durch bestimmte Stützstellen und/oder einen funktionalen Zusammenhang bzw. eine Gleichung oder ein Gleichungssystem bestimmt ist.

In Fig. 7 ist ein Blockschaltbild bzw. Fluß- oder Laufdiagramm einer Momentensteuerung mit Adaption eines Drehmoment-Übertragungssystems dargestellt, das im folgenden näher erläutert wird. Das Drehmoment-Übertragungssystem kann beispielsweise eine Kupplung, wie Reibungskupplung und/oder Anfahrkupplung eines Automatikgetriebes und/oder ein Übertragungsmittel eines stufenlos einstellbaren Kegelscheibenumschlingungsgetriebes und/oder ein hydrodynamischer Drehmomentwandler mit Wandlerüberbrückungskupplung und/oder eine Wendesatzkupplung und/oder eine Sicherheitskupplung sein. Die Betätigung der drehmomentübertragenden Teile kann über ein elektromechanisches, ein elektrohydraulisches und/oder mechatronisches und/oder ein mechanisches und/oder ein hydraulisches und/oder ein pneumatisches Stellglied erfolgen.

Entsprechend Fig. 7 wird aus verschiedenen Eingangsgrößen 60 zunächst das Antriebsmoment 62 des Antriebsaggregates 61, wie insbesondere Brennkraftmaschine, berechnet. Die hierfür herangezogenen Größen umfassen zumindest zwei der folgenden Größen, wie Drehzahl des Antriebsaggregates, Lasthebelstellung bzw. Gaspedalstellung der Kraftstoffzufuhr, Unterdruck im Ansaugsystem, Einspritzzeit, Verbrauch usw. Das Antriebsaggregat wird in Block 61 dargestellt und das Antriebsmoment des Antriebsaggregates bei 62. Der Block 63 repräsentiert die Verknüpfung, die eine Korrektur des Antriebsmomentes bewirkt. Diese Korrektur erfolgt mittels Korrekturfaktoren, die von der Systemadaption 64 geliefert werden. Diese Systemadaption 64 kann als Programmmodul ausgeführt sein, das aufgrund von zusätzlichen Eingangsgrößen 65, analytisch bzw. numerisch bestimmten Größen und Größen von Kennlinienfeldern, eine Korrektur des mittleren Antriebsmomentes vornimmt. Diese Korrekturfaktoren können die im System auftretenden Abweichungen gegenüber dem gewünschten Zustand ausgleichen, und zwar indem sie diese Abweichungen durch additive, multiplikative und/oder nichtlineare Anteile ausgleichen.

Der Block 66 repräsentiert die Festlegung bzw. Ermittlung bzw. Berechnung eines für den jeweiligen Betriebs-

zustand korrekten Momentenaufteilungsfaktors  $K_{ME}$ , welcher in der Regel zwischen 0 und 2 liegt. Es können aber auch Systemzustände eintreten, welche es nötig werden lassen, einen größeren  $K_{ME}$ -Faktor einzusetzen. Dieser  $K_{ME}$ -Faktor stellt das von der Steuerung einzustellende Momentenverhältnis  $M_{Kupplung}$  zu  $M_{Antrieb}$ -korrigiert als einen für jeden Betriebspunkt nach Art eines Kennfeldes aus der jeweils gewählten Gewichtung der in Fig. 2 angeführten Kriterien vorab festgelegten Werte dar, d. h. der  $K_{ME}$ -Faktor ist in einem Kennfeld für die einzelnen Betriebszustände abgelegt.

Der  $K_{ME}$ -Faktor kann aber auch im gesamten Betriebsbereich als konstant gelten. Eine Festlegung bzw. Berechnung des  $K_{ME}$ -Faktors kann auch über eine Gleichung bzw. über ein Gleichungssystem vorgenommen werden, wobei die Lösung dieser Gleichung bzw. des Gleichungssystems den  $K_{ME}$ -Faktor bestimmt.

In dem Kennfeld des  $K_{ME}$ -Faktors bzw. in den analytischen Gleichungen zur Bestimmung des  $K_{ME}$ -Faktors können Zustandsgrößen des Fahrzeuges sowie die Auslegung etwaig vorhandener Torsionsdämpfer realisiert bzw. berücksichtigt sein. Dabei ist die Auslegung des eventuell vorhandenen Dämpfers, beispielsweise einer Überbrückungskupplung, von besonderer Bedeutung, da bei Vorhandensein eines solchen Dämpfers der  $K_{ME}$ -Faktor zumindest über einen verhältnismäßig großen Abschnitt des Betriebsbereiches der Brennkraftmaschine bzw. des hydrodynamischen Drehmomentwandlers konstant gehalten werden kann.

Ein über einen weiten Betriebsbereich konstant gehaltener  $K_{ME}$ -Faktor kann auch für Kupplungen, wie Reibungskupplungen oder Anfahrkupplungen realisiert werden.

Durch den Momentenaufteilungsfaktor  $K_{ME}$ -Faktor wird das Verhältnis von Kupplungsmoment und Antriebsmoment festgelegt. Hierdurch ist beispielsweise ein momentengesteuerter Schlupfbetrieb möglich. Bei Systemen mit einer Leistungsverzweigung (z. B. Wandler mit Überbrückungskupplung) wird durch diesen Faktor der Momentenanteil festgelegt, welcher durch die Überbrückungskupplung übertragen werden soll. In Systemen ohne Leistungsverzweigung, z. B. Kupplungssystem kann in einem stationären Betrieb nicht weniger als 100% des antriebsseitig vorhandenen Momentes übertragen werden. Der Faktor legt in diesem Falle fest, welcher Anteil durch die Momentensteuerung direkt übertragen wird. Der restliche Momentenanteil wird durch ein schlupfabhängiges Sicherheitsmoment nachgesteuert, welches ein wandlerähnliches Verhalten nachbildet. Bei 67 erfolgt die Berechnung des Soll-Kupplungsmomentes mittels des jeweiligen  $K_{ME}$ -Faktors und dem korrigierten Antriebsmoment des Antriebsaggregates. Bei 68 kann eine weitere Korrektur des Soll-Kupplungsmomentes um die aus der Systemadaption 64 resultierenden additiven, multiplikativen und/oder nichtlinearen Anteile erfolgen. Es kann also die Verknüpfung 68 vorgesehen werden. Hierdurch wird ein korrigiertes Soll-Kupplungsmoment gewonnen. Für viele Anwendungsfälle ist es ausreichend, wenn lediglich eine der beiden Verknüpfungen 63, 68 vorhanden ist, wobei vorzugsweise die Verknüpfung 63 beibehalten werden sollte.

Bei 69 erfolgt die Berechnung der Stellgröße aus dem korrigierten Soll-Kupplungsmoment der inversen Übertragungsfunktion der Strecke, welche die Überbrückungskupplung bzw. Kupplung repräsentiert. Der Block 70 stellt die inverse Übertragungsfunktion des Stellgliedes dar, welche zur Anwendung kommt, um die für das Stellglied 71 benötigte Stellgröße zu berechnen. Die Stellgröße wirkt somit auf die Regelstrecke 72 ein, die wiederum auf das Fahrzeug 73 einwirkt. Die von dem Stellglied eingestellte Größe kann zur Erhöhung der Steuergüte des Steuerverfahrens an das Steuergerät zurückgeführt werden. Hierdurch kann es sich beispielsweise um die von dem Elektromotor eines elektrohydraulischen Stellgliedes eingestellte Position des Geberzylinders eines Hydrauliksystemes handeln. Diese Rückführung findet in den Blöcken 74 und 75 statt. Der Block 76 stellt eine Berechnungseinheit dar, welche zur Simulation eines Modelles des Fahrzeuges und der Drehmoment-Übertragungseinrichtung dient.

Block 77 repräsentiert die Meßwertabgabe von Zustandsgrößen des Fahrzeuges, die an anderer Stelle bei Block 78 als Eingangsgrößen verarbeitet werden.

Die unterbrochene Linie in der Fig. 7 stellt den Übergangsbereich zwischen dem Zentralrechner bzw. der Steuereinheit und dem Fahrzeug dar. Bei 70 kann die Reglerausgangsgröße berechnet werden, die auf der Basis der bei 69 ermittelten Stellgröße und der inversen Übertragungsfunktion des Stellgliedes gebildet werden. Das Stellglied kann in besonders vorteilhafter Weise durch ein elektrohydraulisches oder elektromechanisches Stellglied gebildet sein. In vorteilhafter Weise kann ein Proportionalventil Verwendung finden oder ein pulsweitenmoduliertes Ventil.

Bei 75 kann eine Rückkopplung der Stellgröße in Form einer Regelung oder Adaption erfolgen. Diese Rückkopplung kann jedoch auch entfallen. Bei 79 kann eine Messung des Ist-Kupplungsmomentes erfolgen, z. B. über einen Drehmomentfühler oder einen Dehnungsmeßstreifen (DMS).

Anstatt der bei 79 erfolgenden Messung des Ist-Kupplungsmomentes kann auch eine Berechnung dieses Momentes aus den Zustandsgrößen sowie aus der Fahrzeug- und Wandlerphysik erfolgen. Hierfür kann beispielsweise das Motorkennfeld und/oder das Wandlerkennfeld bzw. diese Kennfelder repräsentierende Größen in einem Prozessor bzw. in einer zentralenessoreinheit verarbeitet werden und/oder auch in einem Speicher abgespeichert werden. Weiterhin kann hierfür ein die Drehmomentübertragungskapazität der z. B. Wandlerüberbrückungskupplung darstellendes Kennfeld bzw. dieses repräsentierende Größe abgespeichert sein.

Sofern sowohl eine Ermittlung des Ist-Kupplungsmomentes gemäß Punkt 79 und Punkt 76 erfolgt, kann ein Abgleich des gemessenen Ist-Kupplungsmomentes mit dem aus dem Modell berechneten Ist-Kupplungsmoment erfolgen. Der Abgleich kann dabei als logische Verknüpfung, z. B. nach dem Minimum-Maximum-Prinzip oder als Plausibilitätsvergleich erfolgen. In der in Fig. 7 mit 64 gekennzeichneten Systemadaption können unter anderem folgende Vergleiche stattfinden und die entsprechenden Korrekturen dadurch erfolgen.

A: Vergleich von korrigiertem Soll-Kupplungsmoment und Ist-Kupplungsmoment, wobei dieser Vergleich auch langfristig erfolgen kann, z. B. durch Beobachtung der Abweichung über ein mitlaufendes Zeitfenster. Der Vergleich von korrigiertem Antriebsmoment und rückgerechnetem Antriebsmoment kann gebildet werden, wobei auch dieser Vergleich langfristig, z. B. durch Beobachtung der Abweichungen für ein mitlaufendes Zeit-

fenster erfolgen kann. Ebenfalls kann eine Auswertung von Zusatzsignalen erfolgen, wie z. B. Zu- oder Abschalten von Zusatzaggregaten, wie z. B. Klimaanlage, Kompressor usw., Getriebebeschaltung.

B: Detektion der unter A ermittelten Systemabweichung in additive, multiplikative und/oder nichtlineare Anteile von  $M_{\text{Antrieb}}$  und  $M_{\text{Kupplung}}$  und daraus resultierende Aufteilung in die entsprechenden Adaptionsschleifen 80 und 81 bzw. in die Verknüpfungen 63 und 68.

Die Detektion bzw. Ermittlung der entsprechenden Anteile von  $M_{\text{Antrieb}}$  und/oder  $M_{\text{Kupplung}}$  kann beispielsweise gemäß den drei Diagrammen der Fig. 5a bis 5c erfolgen.

Fig. 7 zeigt ein Laufdiagramm des Steuerverfahrens mit den einzelnen Verfahrensschritten. In einem ersten Verfahrensschritt wird aus einer Vielzahl von Eingangsgrößen ein Antriebsmoment des Motors bestimmt. Es schließt sich eine erste Korrektur dieses Wertes gemäß den Vorgaben einer Systemadaption an. Diese Systemadaption ist ein Programmmodul, das aufgrund von zusätzlichen Eingangsgrößen, analytisch bestimmten Größen und von Kennlinienfeldern eine Korrektur des mittleren Antriebsmomentes vornimmt. In einem weiteren Verfahrensschritt wird dieses korrigierte Antriebsmoment mit einem Anteilsfaktor  $K_{ME}$ , der zwischen Null und Zwei liegen kann, multipliziert. Dieser Anteilsfaktor  $K$  ist in einem Kennfeld für die einzelnen Betriebszustände abgelegt. In diesem Kennfeld können Zustandsgrößen des Fahrzeugs sowie die Auslegung etwaiger vorhandener Torsionsdämpfer abgelegt sein. Durch diesen Anteilsfaktor  $K_{ME}$  wird das Verhältnis von Kupplungsmoment und Antriebsmoment festgelegt. Hierdurch ist beispielsweise ein gesteuerter Schlupfbetrieb möglich.

Bei Systemen mit einer Leistungsverzweigung (Wandler mit Überbrückungskupplung) wird durch diesen Faktor der Momentenanteil festgelegt, welcher durch die Überbrückungskupplung übertragen werden soll. In Systemen ohne Leistungsverzweigung (Kupplungssystem ohne parallel geschalteten Wandler) kann im Stationärbetrieb nicht weniger als 100% des antriebsseitig vorhandenen Momentes übertragen werden. Der Faktor legt in diesem Fall fest, welcher Anteil durch die Momentensteuerung direkt übertragen wird. Der restliche Momentenanteil wird durch ein schlupfabhängiges Sicherheitsmoment nachgesteuert, welches ein wandlerähnliches Verhalten nachbildet.

Das erhaltene Soll-Kupplungsmoment wird in einem nächsten Verfahrensschritt wiederum nach Maßgabe der Systemadaption korrigiert. Hierdurch wird ein korrigiertes Soll-Kupplungsmoment gewonnen. Schließlich wird mit Hilfe einer inversen Übertragungsfunktion der Steuerstrecke aus diesem korrigierten Soll-Kupplungsmoment eine Stellgröße ermittelt. Unter Anwendung der inversen Übertragungsfunktion für das Stellglied wird aus dieser Stellgröße die am Ausgang des Steuergerätes angehende Größe. Diese Ausgangsgröße wird an das Stellglied übermittelt, das seinerseits auf die Steuerstrecke und das Fahrzeug einwirkt. Die von dem Stellglied eingestellte Größe kann zur Erhöhung der Steuergüte des Steuerverfahrens an das Steuergerät zurückgeführt werden. Hierdurch kann es sich beispielsweise um die von dem Elektromotor eingestellte Position des Geberzylinders handeln. Darüber hinaus können weitere Systemgrößen, wie beispielsweise der Kupplungsweg, oder Fahrzeuggrößen an das Steuergerät übermittelt werden. Diese zusätzlichen Eingangsgrößen finden dann über die Systemadaption Eingang in das beschriebene Steuerverfahren.

Die Fig. 8 zeigt ein einfaches Modell einer Adaption, welche sich auf die additive Korrektur des Antriebsmoments beschränkt. Die Abweichungen, die aus der Differenz zwischen dem Soll- und Ist-Kupplungsmoment resultieren, werden über virtuelle Störquellen adaptiert. Dabei zeigt Fig. 8 mit dem Block 61 das Antriebsaggregat, wie Brennkraftmaschine, das ein Motormoment 62 erzeugt. Der Block 90 repräsentiert die Adaption mit Hilfe von virtuellen Störquellen, dessen Ausgangssignal am Verknüpfungsblock 91 in additiver Weise mit dem Motormoment 62 verarbeitet wird. Das korrigierte Motormoment wird im Block 2 mittels Dynamikkorrektur aufgrund von Trägheitsmomenten des Schwungrades dynamisch korrigiert.

Das z. B. an dem Drehmomentwandler mit Überbrückungskupplung anstehende Moment wird mit Hilfe des Momentenaufteilungsfaktors in zwei Anteile aufgeteilt, wobei ein Anteil von der Überbrückungskupplung 3b übertragen wird und das Differenzmoment zwischen dem von dem anstehenden Moment und dem von der Überbrückungskupplung übertragenen Moment von dem Drehmomentwandler 3a übertragen wird.

Die Fig. 9 zeigt ein Block- oder Flußdiagramm eines Steuerverfahrens für Drehmoment-Übertragungssysteme, die unterbrochene Linie in der unteren Figurenhälfte stellt die Trennung zwischen der zentralen Rechereinheit und dem Fahrzeug dar. Das Steuerverfahren des in Fig. 9 dargestellten Blockschaltbildes stellt eine vereinfachte aufgebaute Adaption dar. Die Ansteuerung der Überbrückungskupplung erfolgt dabei elektrohydraulisch über ein Proportionalventil oder ein Pulsweitenmoduliertventil. Das Ausgangssignal des Regelrechners bzw. die Rechnerausgangsgröße ist ein Stellstrom, der sich proportional zu einem am z. B. pulsweitenmodulierten Ausgang des Rechners anliegenden Tastverhältnis einstellt. Das Kupplungsmoment resultiert z. B. aus der auf diese Weise angesteuerten Druckdifferenz an der Wandlerüberbrückungskupplung bzw. zwischen den beiden Druckkammern der Überbrückungskupplung. Die Systemadaption beschränkt sich auf die adaptive Korrektur des Antriebsmomentes, dessen Abweichung aus der Differenz zwischen Soll- und Ist-Moment resultiert.

Bei einer Ausführungsform des Steuerverfahrens gemäß Fig. 9 entfällt gegenüber Fig. 7 die Verknüpfung 68 bzw. die Rückführung des korrigierten Antriebsmomentes ( $M_{AN \text{ korrt}}$ ). In Fig. 9 wird bei 100 die Soll-Druckdifferenz  $DP_{Soll}$  ermittelt, und zwar als Funktion des Soll-Kupplungsmomentes als Hauptgröße sowie gegebenenfalls noch in Abhängigkeit des korrigierten Antriebsmomentes  $M_{AN \text{ korrt}}$  und der Turbinendrehzahl  $N$ -Turbine als Parameter.

Der weitere Funktionsblock 101 gemäß Block 70 der Fig. 7 ist in Fig. 9 aufgeteilt in zwei Unterfunktionsblöcke, und zwar in 101a und 101b. Den Unterfunktionsblöcken 101a und 101b ist jeweils eine Rückkopplung 102a bzw. 102b zugeordnet. Die Eingangsgröße der inversen Übertragungsfunktion des Stellgliedes (101 = 101a und 101b) ist die in Block 100 berechnete Soll-Druckdifferenz ( $DP_{Soll}$ ). Die Ausgangsgröße ist durch das zugehörige Tastverhältnis als Reglerausgangsgröße gebildet.

Das anschließende Stellglied teilt sich auf in den elektrischen Stellgliedanteil, welcher gebildet ist durch eine

Endstufe und die Ventilwicklung, sowie in den hydraulischen Stellgliederteil, der für die entsprechende Druckbeaufschlagung der Wandlerüberbrückungskupplung maßgebend ist, s. Block 103. Die Eingangsgröße des elektrischen Stellgliederteils ist das Tastverhältnis. Dieses wird ausgangsseitig in einen Ist-Strom umgewandelt. In Abhängigkeit dieses Ist-Stroms (I-Ist) stellt der hydraulische Stellgliederteil eine entsprechende Druckbeaufschlagung der Wandlerüberbrückungskupplung ein. Dies erfolgt durch Einstellung einer entsprechenden Druckdifferenz zwischen den Kammern der Wandlerüberbrückungskupplung. 5

Der Block 101a stellt die inverse Funktion des hydraulischen Stellgliederteils dar, indem aus dem Soll-Druck der dazugehörige Soll-Strom berechnet wird. Dieser Anteil des Stellgliedes besitzt eine Rückkopplung des gemessenen Ist-Druckes in Form einer Druckadaption, welche durch den Block 102a dargestellt ist. Diese Druckadaption 102a liefert den korrigierten Soll-Strom. Der zweite Teil 101b der inversen Übertragungsfunktion 101 des Stellglieds stellt den elektrischen Anteil dar, welcher aus dem korrigierten Soll-Strom das dazugehörige Tastverhältnis berechnet. Hierfür wird ein PID-Regelalgorithmus verwendet. Es wird dabei aus der Regelabweichung  $I_{\text{Soll-korr}} = -I_{\text{Ist}}$  ( $I_{\text{Ist}}$  nach der Ventilwicklung gemessen) mit einem PID-Regler die Eingangsgröße  $I_{\text{Soll-R}}$  für das inverse Übertragungsverhalten des elektrischen Stellgliederteils berechnet. 15

Die in Fig. 9 gewählte Numerierung der einzelnen Blöcke entspricht im wesentlichen der Numerierung der einzelnen Blöcke der Fig. 7. Auf diese Weise können die einzelnen Funktionsblöcke der speziellen elektrohydraulischen Ausführung gemäß Fig. 9 auf die der allgemeinen Ausführung gemäß Fig. 7 bezogen werden.

Die in Fig. 9 enthaltenen einzelnen Bezeichnungen haben folgende Bedeutung:

$DP_{\text{Soll}} = 110$  = Soll-Druckdifferenz an der Lock-up bzw. Wandlerüberbrückungskupplung. Entspricht der Druckdifferenz zwischen den in den beidseits des Kolbens vorhandenen Kammern herrschenden Drücke. 20

$DP_{\text{Ist}} = 111$  = Ist-Druckdifferenz zwischen den beiden Kammern der Wandlerüberbrückungskupplung.

$P_{\text{Nach}} =$  Druck nach der Lock-up bzw. Wandlerüberbrückungskupplung.

$I_{\text{Soll}} = 113$  = Soll-Strom für das elektrohydraulische Ventil.

$\Delta N = 114$  = Drehzahldifferenz zwischen Pumpenrad und Turbinenrad, also  $\Delta N = N$  Pumpenrad -  $N$  Turbinenrad. 25

Die in Fig. 9 vor dem mit 76 gekennzeichneten Block angeführten Zustandsgrößen des Fahrzeuges 115 beinhalten den Schlupf in der Überbrückungskupplung bzw. im Wandler.

Wie aus Fig. 9 weiterhin zu entnehmen ist, stellt die Drehzahldifferenz  $\Delta N = N$  Pumpenrad -  $N$  Turbinenrad keine Regelgröße dar, wie dies bei den bekannten Schlupfregelungen der Fall ist. Bei der erfindungsgemäßen Momentensteuerung wird diese Drehzahldifferenz  $\Delta N$  als Zustandsgröße der zu steuernden Strecke zur Beobachtung eventueller Momentenabweichungen verwendet, welche dann wiederum in der Adaption durch entsprechende Verknüpfungen korrigierend auf die Steuerung rückwirken. Hierbei können die beobachteten Momentanwerte, z. B. nach Art eines mitlaufenden Zeitfensters über einen bestimmten Zeitlauf gespeichert werden, um die Anteile der Abweichungen an Kupplung und Motor zu detektieren. Dies erfolgt in der mit 116 gekennzeichneten Systemadaption. 30

Die erfindungsgemäße Steuerung hat weiterhin den Vorteil, daß die Adaption der Störanteile des Antriebsmomentes auch bei völlig geöffneter Lock-up bzw. Wandlerüberbrückungskupplung, also bei  $K_{ME} = 0$  erfolgen kann. Hierfür wird das nominelle Antriebsmoment mit dem am Wandler anliegenden Moment verglichen, was in der Verknüpfung 63 der Fig. 7 bzw. beim Verfahrensschritt 63 der Fig. 7 und 9 erfolgt. Durch diese Adaption können im Vorgriff zu einem späteren Schließen der Überbrückungskupplung eventuelle Abweichungen des Antriebsmomentes im offenen Zustand der Überbrückungskupplung bereits berücksichtigt werden. Es wird hierfür in der Systemadaption 116 bzw. 64 das am Wandler anliegende Moment ermittelt, und zwar vorzugsweise ist hierfür das Wandlerventil in dieser Systemadaption abgelegt bzw. gespeichert. Dadurch kann durch Ermittlung des Drehzahlunterschiedes zwischen Turbinen- und Pumpenrad das anstehende Moment ermittelt werden. Dieses Wandlerventil wird dann mit dem nominellen Antriebsmoment des Motors bzw. des Antriebsaggregates verglichen. Dieses Antriebsmoment kann aus einem im Block 61 gemäß den Fig. 7 und 9 abgelegten stationären Motorkennfelds entnommen werden, und zwar aufgrund der gemessenen Zustandsgrößen, wie insbesondere Motordrehzahl, Lasthebelstellung, Verbrauch, Einspritzmenge bzw. Einspritzzeit und so weiter. Die Drehzahldifferenz zwischen Turbinenrad und Pumpenrad kann im Block 76 ermittelt werden. 40

Weiterhin ist es möglich, das Wandlerventil bereits im Block 76 zu ermitteln, wobei dann das Wandlerventil im Block 76 abgelegt ist. 50

Fig. 10 zeigt ein Fahrzeug 201 mit einer Brennkraftmaschine 202, wie Verbrennungsmotor, der über eine selbsteinstellende bzw. den Verschleiß nachstellende Kupplung 203 auf ein Getriebe 204 wirkt. Das Getriebe 204 ist über eine Antriebswelle 205 mit einer Antriebsachse 206 des Fahrzeuges 201 verbunden. Bei der selbsteinstellenden bzw. den Verschleiß nachstellenden Kupplung 203 wird zwischen einer dem Verbrennungsmotor 202 benachbarten Antriebsseite 207 und einer dem Getriebe 204 zugewandten Abtriebsseite 208 unterschieden. An das Ein- bzw. Ausrücksystem der Kupplung 202 ist ein Nehmerzylinder 200b angeschlossen, der über eine Hydraulikleitung 209 mit einem Geberzylinder 211 in Verbindung steht. Das Ein- bzw. Ausrücksystem, wie mechanisches Ausrücklager, kann mit den Tellerfederungen der Tellerfeder derart in Kontakt treten, daß die Kraftbeaufschlagung der Kupplungstellerfeder gegenüber der Druckplatte bestimmt, welche die Druckplatte in motorseitige Richtung beaufschlagt und somit die Reibbeläge zwischen der Druckplatte und dem Schwungrad beaufschlagt. Die Hydraulikleitung 209 ist über einen Geberzylinder 211 mit einem Elektromotor 212 verbunden, wobei der Elektromotor 212 und der Geberzylinder 211 in einem Gehäuse zu einem Stellglied 213 zusammengefaßt sind. Im selben Gehäuse ist unmittelbar am Geberzylinder 211 ein Kupplungswegsensor 214 angeordnet. Darüber hinaus ist innerhalb des Stellgliedergehäuses ein in der Zeichnung nicht dargestelltes Steuergerät auf einer Leiterplatte 227 angeordnet. Dieses elektronische Steuergerät enthält die Leistungs- als auch Steuerelektronik und ist somit vollständig in dem Gehäuse des Stellglieds 213 angeordnet. 55

Das Steuergerät ist mit einem unmittelbar am Verbrennungsmotor 202 angeordneten Drosselklappensensor 215, einem Motordrehzahlsensor 216 und einem an der Antriebsachse 206 angeordneten Tachosensor 217 verbunden. Darüber hinaus weist das Fahrzeug 201 einen Schalthebel 218 auf, der über ein Schaltgestänge auf die Kupplung 203 wirkt. Am Schalthebel 218 ist ein Schaltwegsensor 219 vorgesehen, der ebenfalls mit dem Steuergerät in Signalverbindung steht.

Das Steuergerät gibt dem Elektromotor 212 in Abhängigkeit der angeschlossenen Sensorik (214, 215, 216, 217, 219) eine Stellgröße vor. Hierzu ist in dem Steuergerät ein Steuerprogramm entweder als Hard- oder als Software implementiert.

Der Elektromotor 212 wirkt in Abhängigkeit von der Vorgabe des Steuergerätes über die Hydraulik (209, 210, 211) auf die selbststeinstellende Kupplung 203. Die Funktion dieser Kupplung 203 ist in den Offenlegungsschriften DE-OS 42 39 291, DE-OS 43 06 505, DE-OS 42 39 289 und DE-OS 43 22 677 bereits eingehend beschrieben. Der Inhalt dieser Schriften wird hiermit ausdrücklich, als zum Umfang der Offenbarung der Erfindung gehörig, ausgewiesen. Der Vorteil einer selbststeinstellenden Kupplung 3 ist, daß die zur Kupplungsbetätigung erforderlichen Kräfte deutlich gegenüber herkömmlichen Kupplungen reduziert sind, als Folge der verschleißnachstellenden Bauweise. Insofern kann der Elektromotor 212 mit geringerer Leistungsaufnahme bzw. Leistungsabnahme dimensioniert und damit das Stellglied 213 insgesamt kompakter ausgeführt werden. Das Stellglied 213 ist in Fig. 10 im Vergleich zu den anderen Bauteilen des Fahrzeuges 201 nicht maßstäblich gezeichnet.

Anhand der Fig. 11a, 11b und 12a, 12b wird das Stellglied 213 näher erläutert. Der Elektromotor 212, insbesondere Gleichstrommotor, wirkt über eine Motorwelle 220 auf eine Schnecke, die ein Segmentrad 222 kämmt. An dem Segmentrad 222 ist eine Schubkurbel befestigt, die über eine Kolbenstange 224 mit dem Zylinderkolben 225 des Geberzylinders 211 in Wirkverbindung steht. An den Geberzylinder 211 ist ein Schnüffelfstück 250 mit einer Schnüffelbohrung 251 zum Ausgleich thermischer Einflüsse auf die Hydraulikflüssigkeit angeformt.

Der Elektromotor 212, wie Gleichstrommotor, beaufschlagt über das Getriebe, das selbsthemmend sein kann, den hydraulischen Geberzylinder 211 mit Zug- oder Druckkräften. Diese Kräfte werden über die Hydraulikleitung 209 auf die Kupplung 203 übertragen. Hierdurch wird die Kupplung 203 gesteuert ein- oder ausgerückt.

Dadurch, daß die parallelen Achsen von Geberzylinder 211 und Motorwelle 220 in unterschiedlichen Ebenen, also versetzt, angeordnet sind, ist der Platzbedarf für das Stellglied 213 noch geringer.

Konzentrisch zur Achse des Geberzylinders 211 ist innerhalb des Zylinderkolbens 225 oder innerhalb des Geberzylindergehäuses 211 eine Servofeder 226 vorgesehen. Diese Servofeder 226 unterstützt den Elektromotor 212 beim Ausrückvorgang der Kupplung. Während des Einrückvorgangs der Kupplung wird die Feder 226 unter Überwindung ihrer Kraftwirkung gespannt.

Das Zusammenspiel von Elektromotor 212 und der Feder 226 wird anhand der in Fig. 13 dargestellten Diagramme erläutert. Die Kraftverläufe sind jeweils über dem Kupplungsweg aufgetragen. Die durchgezogene Linie 237 stellt die vom Elektromotor 212 aufgebrachte Kraft während des Aus- und des Einrückvorganges der Kupplung dar, wobei die obere Linie den Kraftverlauf während des Ausrückvorganges und die untere Linie während des Einrückvorganges verdeutlicht. Dieser Kraftverlauf zeigt, daß der Ausrückvorgang höhere Kräfte erfordert als der Einrückvorgang. Die strichpunktierte Linie 239 ist die Federkennlinie der Servofeder 226. Die unterbrochene Linie 238 zeigt das Zusammenwirken der Kräfte von der Feder 226 und dem Elektromotor 212.

Die insgesamt vom Elektromotor 212 aufzubringende Kraft 238 ist deutlich reduziert, wie die Verschiebung der unterbrochenen Kraftlinie in Richtung kleinerer Kräfte zeigt. Durch die unterstützende Wirkung der entsprechend ausgewählten Servofeder 226 verschiebt sich die Kennlinie des Elektromotors bzw. der Tellerfeder in negative Kraftichtung und die in Fig. 13 erkennbaren Maximalbeträge in positive wie in negative Richtung der unterbrochenen Linie sind annähernd gleich. Durch diese unterstützende Wirkung der Servofeder 226 kann der Elektromotor 212 entsprechend kleiner dimensioniert sein, als im Vergleich zu der Dimensionierung ohne Unterstützung der Servofeder 226. Die Unterstützung der Servofeder in dieser Weise setzt ebenfalls voraus, daß der Elektromotor in Zug- wie in Druckrichtung eingesetzt wird.

In Fig. 12a wird die Servofeder 226 im Aktorgehäuse angeordnet, wobei sie zwischen zwei Anlagebereichen 227a, 227b aufgenommen ist. Der Anlagebereich 227a wird unter Federspannung gegen einen mit der Kolbenstange verbundenen Sprengling 228 beaufschlagt, während sich der Anlagebereich 227b an einem Bereich des Aktorgehäuses abstützt. Zum Schutz des Getriebes vor Verschmutzung ist im Bereich des Anlagebereiches 227a eine Gummimembran 229 angeordnet. Weiterhin weist das Gehäuse eine Entlüftungsbohrung 230 auf, die bei austretender Hydraulikflüssigkeit ein Abfließen erlaubt.

Die Wirkungsweise des im Steuergerät implementierten Steuerverfahrens für die Momentensteuerung eines Drehmoment-Übertragungssystems, wie Reibungskupplung, ist in Fig. 14 vereinfacht dargestellt. Das Steuerverfahren ist als Softwareprogramm in z. B. einem 8 Bit-Prozessor des Steuergerätes abgespeichert. Mit diesem Steuerverfahren kann z. B. der Elektromotor 212 angesteuert werden.

Mit Hilfe des Drosselklappensensors 215 und des Motordrehzahlsensors 216 wird ein Antriebsmoment  $M_{\text{mot}}$  des Motors 202 ermittelt und dem Steuerprogramm als Eingangsgröße zur Verfügung gestellt. Der Motordrehzahlsensor 216 erfaßt eine Motordrehzahl  $n_1$  und der Tachosensor 217 registriert eine Drehzahl der Antriebsachse 206, die jeweils zusätzliche Eingangsgrößen dem Steuerprogramm übergeben werden. Mittels der Drehzahl der Antriebsachse 206 wird eine Getriebeeingangsdrehzahl  $n_2$  berechnet. Die Differenz zwischen den Drehzahlen  $n_1$ ,  $n_2$  wird als Schlupfdrehzahl bezeichnet. Die Schlupfdrehzahl wird innerhalb des Steuerprogramms analytisch bestimmt und auf das Überschreiten eines Schlupfgrenzwertes hin überwacht. Ein Überschreiten des Schlupfgrenzwertes wird als Schlupfphase S detektiert. Diese Schlupfphase S hält an, bis der Schlupfgrenzwert wieder unterschritten wird.

Das Kupplungsmoment  $M_k$  wird mittels einer Korrekturgröße  $M_{k\text{kor}}$  nach der Formel

$$M_K = M_{\text{mot}} - M_{\text{korr}}$$

berechnet. Die Korrekturgröße  $M_{\text{korr}}$  ist ein Momentenwert, der mit dem Rechnertaktinkrementel erhöht wird und in den als Schlupfphasen S detektierten Zeiten nach Vorgehen des Steuerprogramms reduziert wird. Durch dieses Verfahren wird die Kupplung 203 ständig um eine Rutschgrenze R herum betrieben. Die Rutschgrenze R ist der Zeitpunkt, an dem die Motordrehzahl  $n_1$  die Getriebeeingangsdrehzahl  $n_2$  zu übersteigen beginnt. Dies ist genau dann der Fall, wenn das antriebsseitig anstehende Moment größer ist als das von der Kupplung momentan übertragbare Kupplungsmoment. Dieses Verfahren funktioniert auch dann, wenn das Antriebsmoment nicht konstant ist.

Das in Fig. 15 dargestellte Kennlinienfeld wird vor der Weitergabe der Stellgröße an das Stellglied, insbesondere bei einem Drehmoment-Übertragungssystem, wie Reibungskupplung, ausgewertet.

Auf der Abszisse ist der Bereich der möglichen Stellgliedvorgabe, also der Bereich der möglichen übertragbaren Kupplungsmomente aufgetragen. Dieser Bereich ist in Teilbereiche 240 unterteilt, von denen einer schraffiert dargestellt ist. Es handelt sich bei diesem ausgezeichneten Bereich 240 um die übertragbaren Kupplungsmomente zwischen 100 und 140 Nm. Solange das gemäß dem Steuerverfahren berechnete übertragbare Kupplungsmoment innerhalb dieses Teilbereiches liegt, wird dem Stellglied ein zulässiger Wert von 140 Nm vorgegeben. In den anderen Teilbereichen 240 wird analog verfahren.

Durch dieses Verfahren wird die Anzahl der Stellbewegungen des Stellgliedes weiter reduziert. Die Stellbewegung, also von einem Plateau zu einem anderen Plateau, wird auf eine bestimmte Größe festgelegt. Diese Auslegung des Kennfeldes bezüglich der Stellbewegung kann derart gestaltet sein, daß die Anzahl der Blöcke oder Bereiche 240 in Abhängigkeit vom Anwendungsfall unterschiedlich sein kann. Diese Maßnahmen erhöhen insgesamt die Lebenserwartung und senken den Energiebedarf der Aktuatorik des Drehmoment-Übertragungssystems.

Die Fig. 15a bis 15e zeigen ein nach dem Steuerverfahren durchgeführte Stellgliedvorgabe für ein Soll-Kupplungsmoment.

Durch eine Automatisierung der Kupplungsbetätigung wird ein Aktors erforderlich, der die Umsetzung von Steuersignalen in Öffnungs- bzw. Schließvorgänge bzw. Bewegungen der Kupplung ermöglicht. Eine adaptive Steuerung des Stellverhaltens des Aktors kann dahingehend durchgeführt werden, daß eine Momentennachführung realisiert wird. Der Einsatz einer Momentennachführung kann vorteilhaft dazu führen, daß der Steller nicht nur Öffnungs- und Schließvorgänge während des Schaltens und des Anfahrens übernimmt, sondern die Kupplungsanpressung während des gesamten Fahrbetriebes so einstellt, daß das übertragbare Kupplungsmoment zu jeder Zeit aus einem aus dem Fahrzustand bzw. dem Betriebspunkt resultierenden Soll-Kupplungsmoment entspricht bzw. eine entsprechend gewünschte Überanpressung oder Minderanpressung im Vergleich zu dem Kupplungsmoment durchgeführt werden kann. Dies hat zur Folge, daß der Steller bei Schaltvorgängen nicht aus der voll eingerückten Position über den gesamten Stellbereich fahren muß, um die Kupplung auszurücken, da aufgrund der Momentennachführung eine dem aktuell eingestellten Sollmoment plus einem gewünschten Offsetwert entsprechende Stellerposition bereits eingestellt ist. Damit können die Anforderungen an das dynamische Verhalten des Systems, insbesondere des Aktors, hinsichtlich der Auslegung nach maximaler Verstellgeschwindigkeit reduziert werden, da in der Regel kürzere Verstellwege überwunden bzw. zurückgelegt werden müssen.

Eine derart ausgelegte dynamische Momentennachführung führt dazu, daß der Aktor mit Elektromotor während der gesamten Betriebszeit bzw. Fahrzeit in Betrieb sein muß, um entsprechend den dynamischen Veränderungen des Ist-Momentes eine quasi instantane Nachstellung durchführen zu können.

Bei einem Steuerverfahren, das die Momentennachführung zu jedem Zeitpunkt gewährleistet, muß beispielsweise ein Elektromotor ständig Variationen des übertragbaren Momentes nachführen. Eine Möglichkeit, den Elektromotor nur bei Bedarf zu benutzen, kann zu einer Nachführung des Kupplungsmomentes führen, welche in Stufen oder in Schritten realisiert ist.

Das Steuerverfahren muß zu jeder Zeit sicherstellen, daß ein zu jedem Zeitschritt bestimmtes Soll-Kupplungsmoment durch die Kupplung übertragen werden kann. Die Nachführung des Kupplungsmomentes dahingehend beeinflußt, daß geringe in einem gewissen Streuband liegende Überanpressungen  $\Delta m$  toleriert werden, so bedeutet dies, daß damit Nachführbewegungen und somit die Belastung des Stellgliedes reduziert werden können. Die Kurve 241 der Fig. 15a stellt das berechnete Soll-Kupplungsmoment dar, wobei die Funktion 242 dem Soll-Kupplungsmoment plus einem Streuband entspricht. Die Werte für das Streuband 242 ergeben sich aus der Stufenhöhe  $\Delta M$  und den Bedingungen, daß das eingestellte Kupplungsmoment das berechnete Kupplungsmoment nicht unterschreiten darf und daß eine Änderung des eingestellten Kupplungsmomentes nur durchgeführt wird, falls die Änderung einen Grenzwert überschreitet.

Die Fig. 15b zeigt beispielsweise eine Verfahrensweise nach einem Steuerverfahren, wobei das Soll-Kupplungsmoment oberhalb eines Grenzwertes 243 nachgestellt wird und für Soll-Kupplungsmomentwerte kleiner gleich dem Grenzwert nimmt das eingestellte Kupplungsmoment einen Wert an, der gleich oder unterschiedlich im Vergleich zu dem Grenzwert sein kann. Durch die Festlegung des Streubandes und einer entsprechenden Ansteuerung findet in einigen Betriebsbereichen eine definierte Überanpressung statt, welche jedoch dazu führt, daß die Aktion des Stellers zeitlich reduziert wird und die Belastung des Stellers somit ebenfalls reduziert wird. Das Verfahren nach Fig. 15b zeigt, daß bei geringen Soll-Kupplungsmomenten das Mindestkupplungsmoment eingestellt wird und somit die Stellerbewegungen, die mit einer Belastung des Stellsystems verbunden sind, reduziert werden können. Das Mindestkupplungsmoment 243 kann beispielsweise von dem Betriebspunkt abhängig sein, wie beispielsweise von der Übersetzung von der Gangposition von der Motordrehzahl von der Gaspedalstellung, oder von einem Bremssignal. Die Fig. 15c zeigt eine Abhängigkeit des Mindestkupplungsmomentes als Funktion des Betriebspunktes, wobei die Kurve 244 in abgestufter Weise an das dynamische

Verhalten des Betriebspunktes angepaßt wird und entsprechend das nachgeführte Kupplungsmoment 241 angepaßt wird.

Die in Fig. 15d dargestellte Verfahrensweise führt zu einem vom Betriebspunkt abhängigen Mindestkupplungsmoment plus einem nach dem Verfahren des stufigen Nachführens in bezug auf ein Streuband kombiniertes Verhalten.

Die Fig. 15e weist ein Verhalten des Kupplungsmomentes auf, das durch ein Mindestkupplungsmoment 243 vorgegeben ist, das jedoch nicht in Bereiche mit konstantem Wert dargestellt werden kann, sondern eine Funktion der Zeit ist, wobei dieses Mindestkupplungsmoment durch eine Stufenfunktion 245 angepaßt wird und für Soll-Kupplungsmomente 241, die größer sind als das Mindestkupplungsmoment, wird eine quasi instantane Nachführung des Momentes durchgeführt, ohne eine Anpassung in bezug auf ein Streuband vorzunehmen.

Fig. 16 zeigt das Schaltschema einer üblichen H-Schaltung. Es wird zwischen einzelnen Schaltgassen 250 und einem Wählweg 251 zur Auswahl der einzelnen Schaltgassen 250 unterschieden. Der vom Schalthebel 218 innerhalb der Schaltgassen 250 zurückgelegte Weg wird als Schaltweg 252 bezeichnet. Die Bewegungsrichtungen von Schaltweg 252 und Wählweg 251 sind durch entsprechende Pfeile in der Fig. 16 angedeutet.

Die Position des Schalthebels 218 kann mit Hilfe zweier Potentiometer, wie insbesondere Linearpotentiometer, erfaßt werden. Ein Potentiometer überwacht hierbei den Schaltweg und ein weiteres Potentiometer den Wählweg. Zur Durchführung des Überwachungsverfahrens, das ebenfalls im Steuergerät implementiert sein kann, wird der Schaltweg und/oder der Wählweg erfaßt und ausgewertet.

Die Wirkungsweise des Überwachungsverfahrens wird anhand von Fig. 17 erläutert. In Fig. 17 sind die für das Überwachungsverfahren relevanten Signalverläufe in einem Diagramm über der Zeit  $t$  aufgetragen. Die Koordinatenbeschriftung entspricht einer beliebigen, rechnerinternen Unterteilung des erfaßten Schaltweges 252. Im einzelnen ist ein Schalthebelsignal 260 über der Zeit  $t$  aufgetragen, das direkt dem erfaßten Schaltweg 252 proportional ist.

Der eingezeichnete Verlauf des Schalthebelsignals 260 entspricht einem typischen Schaltvorgang. Ungefähr bis zu der hier mit 8,3 sec. bezeichneten Zeit  $t$  verbleibt der Schalthebel 218 in seiner Position. Das Schalthebelsignal 260 weist bis zu diesem Zeitpunkt allein die im Fahrbetrieb typischen Schwingungen auf. Diese Schwingungen entstehen im Drehmomenten-Übertragungssystem selbst und werden zusätzlich beispielsweise durch Unebenheiten einer Fahrbahn von außen angeregt. Nach dem mit 8,3 sec. bezeichneten Zeitpunkt wird der Schalthebel 218 in der Schaltklasse 250 bewegt, so daß das Schalthebelsignal 260 von einem ungefähren Wert von 200 Inkrementen auf ca. 480 Inkremente ansteigt. Dieser Wert bleibt für einige Zeit konstant. Dies entspricht entweder einem Innehalten des Benutzers oder aber der Zeit, die für das Durchfahren eines Wählweges 251 benötigt wird. Schließlich wird ein Gang eingelegt. Das Schalthebelsignal 260 steigt auf ca. 580 Inkremente an und bleibt für einige Zeit in etwa konstant. Dies entspricht der Zeitspanne zur Synchronisation der einzulegenden Getriebeübersetzung. Danach steigt das Schalthebelsignal 260 auf einen Wert an, der dem neu eingelegten Gang entspricht.

Zusätzlich wird das Schalthebelsignal 260 mit einer einstellbaren Verzögerungszeit digital/analog gefiltert, so daß sich ein linearisiertes, dem Schalthebelsignal 260 nachlaufendes Filtersignal 261 ergibt. Das Filtersignal 261 wird mit einem Konstantwert und einem von dem Antriebsmoment der Antriebseinheit 202 abhängigen Offsetsignal beaufschlagt. Das somit gebildete Summensignal ist als Vergleichssignal 262 in dem Diagramm der Fig. 17 eingezeichnet.

Die Schaltabsichtserkennung erfolgt in Abhängigkeit der Überwachung der Zeitabhängigkeiten der Läufe von Schalthebelsignal 260 und Vergleichssignal 262. Sobald der Verlauf des Schalthebelsignals 260 den Signalverlauf des Vergleichssignals 262 kreuzt, wird ein Schaltabsichtszähler auf Null gesetzt und gestartet. Dieser Zeitpunkt ist in dem Diagramm mit  $t_1$  bezeichnet. Im weiteren läuft der Zählwert des Schaltabsichtszählers in Abhängigkeit von einem Rechnertakt auf einen definierten Zählwerthochpunkt. Hierdurch ist eine genau bemessene Kontrollzeit gegeben, in der die erfaßte Schaltabsicht verifiziert wird. Der Zähler kann in dieser Zeit jederzeit von eintreffenden Kontrollsignalen gestoppt und wieder auf Null gesetzt werden. Derartige Kontrollsignale können von einer angeschlossenen Sensorik übermittelt werden. Diese Sensoren überwachen weitere Einflußgrößen, wie das Antriebsmoment, die angeschlossene Last oder den weiteren Bewegungsverlauf des Schalthebels 218. Sobald diese Sensorik Meßwerte aufnimmt, die der erkannten Schaltabsicht widersprechen, wird ein Kontrollsignal an den Schaltabsichtszähler übermittelt. Hierdurch ist das Drehmoment-Übertragungssystem gegenüber Fehlauslösungen durch das beschriebene Überwachungsverfahren geschützt. Erst, wenn der Schaltabsichtszähler den definierten Zählwert erreicht, ohne daß ein Kontrollsignal übermittelt wurde, wird ein Schaltabsichtssignal an ein nachgeordnetes Betätigungssystem übermittelt.

Die Bildung des Vergleichssignales 262 wird anhand von Fig. 18 näher erläutert.

Erneut ist das Schalthebelsignal 260 in einem anderen Maßstab und das hieraus erzeugte Filtersignal 261 aufgetragen. Zur Bildung des Vergleichssignales 262 wird das Filtersignal 261 um einen Konstantwert und um ein antriebsmomentabhängiges Offset-Signal erhöht. Der Konstantwert muß so groß gewählt werden, daß der Verlauf des Schalthebelsignals 260 nicht infolge der betriebstypischen Schwingungen des Schalthebels 218 im Betrieb des Kraftfahrzeuges den Verlauf des Vergleichssignals 262 kreuzt, ohne daß eine Schaltabsicht vorliegen würde und es somit zu Fehlauslösungen kommt. Dies muß selbst dann gelten, wenn das Antriebsmoment, beispielsweise durch Gasrücknahme, zu null geworden ist und somit das Offset-Signal zu null wird. Der Zeitpunkt der Rücknahme des Antriebsmomentes ist hiermit als  $t_2$  bezeichnet. Im Anschluß entspricht das Vergleichssignal 262 einem Zwischenvergleichssignal 263, das lediglich aus dem Filtersignal 261 und einem Konstantwert additiv zusammengesetzt ist. Demnach wird der Konstantwert in vorteilhafter Weise auf die Elastizität des Schaltgestänges und damit die potentielle Schwingungsweite, wie Schwingungsamplitude, des Schalthebels im Betrieb abgestimmt.

Die Fig. 19 zeigt den Verlauf eines Schalthebelsignals 260, während eines extrem langsam durchgeführten



Schaltvorganges. Wenn die Schalthandlung derart verzögert ausgeführt wird, besteht die Gefahr, daß das Schalthebelsignal nicht das Vergleichssignal kreuzt. Dies hätte zur Folge, daß die vorliegende Schaltabsicht nicht sicher erkannt wird. Aus diesem Grund ist das Überwachungsverfahren zusätzlich um die hier dargestellte Überwachung der Schalthebeländerung, d. h. eine Änderung des Schalthebelweges als Funktion der Zeit, erweitert. So wird die Änderung des Schalthebelsignals 260 dadurch überwacht, daß die in einem Zeitfenster in einem definierten Bereich außerhalb des Bereiches, den der nicht betätigte Schalthebel einnimmt, festgestellten Wegänderung darauf überprüft werden, ob ein Grenzwert unterschritten wird. Das Unterschreiten eines derartigen Grenzwertes wird als Schaltabsicht unabhängig vom Verlauf des Vergleichssignals 262, erkannt. In dem hier dargestellten Fall beginnt die Schalthandlung in einem Zeitpunkt  $t_3$ . Der Überwachungsbereich des Schalthebelweges erstreckt sich von einem ersten Weg  $s_1$  bis zu einem zweiten Weg  $s_2$ . Das Überwachungszeitfenster erstreckt sich von einem Zeitpunkt  $t_4$  bis zu einem Zeitpunkt  $t_5$ . Die in dieser Zeit  $\Delta t$  innerhalb eines Bereiches  $s$  festgestellte Wegänderung unterschreitet einen abgespeicherten Grenzwert und somit wird ein Schaltabsichtssignal an die nachgeordneten Betätigungssysteme gegeben.

Anhand von Fig. 20 wird die Wirkungsweise des Schaltabsichtszählers verdeutlicht. In dem hier aufgezeigten Beispiel kommt es zum Zeitpunkt  $t_5$  zu einem Peak im Verlauf des Schalthebelsignals 260. Dieser Peak verursacht eine Kreuzung von Schalthebelsignal 260 und Vergleichssignal 262.

Im Zeitpunkt  $t_5$  wird demnach der Schaltabsichtszähler gestartet. Gleichzeitig mit dem Schaltabsichtszähler wird jedoch ein Timer gestartet. Dieser Timer erhält beim Zurückschwingen des Peaks im Schalthebelsignalverlauf 260 und der hieraus resultierenden erneuten Kreuzung des Schalthebelsignals 260 mit dem Vergleichssignal 262 ein Signal. Der Timer wird angehalten und die angezeigte Zeit wird mit einer abgespeicherten Minimalzeit verglichen. Im vorliegenden Fall wird festgestellt, daß die vom Timer ermittelte Zeit unter der abgespeicherten Zeit liegt. In dieser Folge wird ein Kontrollsignal an den Schaltabsichtszähler übermittelt. Der Schaltabsichtszähler wird hierdurch gestoppt und auf Null zurückgesetzt. Durch den Peak im Zeitpunkt  $t_5$  ist demnach eine Schaltabsicht erkannt worden und demzufolge der Schaltabsichtszähler gestartet worden, aber eine Weitergabe des Schaltabsichtssignals an nachgeordnete Betätigungssysteme ist nicht erfolgt, da in der durch das Hochlaufen des Schaltabsichtszählers begrenzten Kontrollzeit ein Kontrollsignal ermittelt wurde. Im Unterschied hierzu wird die zum Zeitpunkt  $t_6$  tatsächlich vorliegende Schaltabsicht erkannt und in der beschriebenen Weise ausgewertet. Kurz nach dem Zeitpunkt  $t_6$  wird ein Schaltabsichtssignal an nachgeordnete Betätigungssysteme übermittelt.

Die Fig. 21 zeigt eine schematische Darstellung eines Kupplungsbetätigungssystems 300 für ein Kraftfahrzeug. Die betrachtete Gesamtstrecke besteht dabei im wesentlichen aus den Teilsystemen Motor, Stellglied 301, wie z. B. ein Elektrosteller, Verbindungssystem 302 und einem Drehmomentübertragungssystem 303, wie Kupplung.

Das Stellglied 301 ist als mechanisches oder hydraulisches oder pneumatisches Stellglied ausgestattet. Das Verbindungssystem, welches zwischen dem Stellglied 301 und dem Drehmomentübertragungssystem 303, wie Kupplung, angeordnet ist, kann als Gestänge im weitesten Sinne oder hydraulisches Verbindungsmittel realisiert sein. Eine Ausgestaltung eines Hydrauliksystems ist in Fig. 21 dargestellt, wobei ein Geberzylinder 304 über eine Hydraulikleitung 305 mit einem Nehmerzylinder 306 verbunden ist.

Im Geberzylinder 304 und/oder im Nehmerzylinder 306 kann eine Vorrichtung zur Kraftunterstützung angeordnet sein. Die Vorrichtung zur Kraftunterstützung 307 kann beispielsweise als Schraubenfeder oder Tellerfeder ausgestaltet sein.

Das Drehmomentübertragungssystem 303, wie Kupplung, kann eine Reibungskupplung und/oder eine selbst-einstellende bzw. eine einen Verschleiß selbsttätig nachstellende bzw. ausgleichende Kupplung, wie SAC-Kupplung, sein.

Ein Steuerverfahren mit Streckenadaption des Kupplungsbetätigungssystems basiert darauf, daß als Voraussetzung einer erfolgreichen Adaption die einzelnen Teilsysteme auf mögliche Veränderungen hin untersucht werden.

Damit eine solche Adaption erfolgreich kann sein, muß zunächst geklärt werden, welche Probleme oder Effekte in den einzelnen Teilsystemen eine Rolle spielen können bzw. eine Adaption beeinflussen können. Aus diesem Grund soll noch einmal kurz auf die oben aufgeführten Komponenten eingegangen werden und prinzipielle Fehlerquellen bzw. Problembereiche aufgezeigt werden.

Das Motormoment wird im allgemeinen aufgrund der Motordrehzahl und dem Ansaugdruck (ersatzweise Drosselklappenwinkel) anhand eines Kennfeldes bestimmt oder berechnet. Ebenso kann die Lösung einer gleichen bzw. eines gleichen Systemes zur Bestimmung des Motormomentes herangezogen werden. Durch Fehler im Kennfeld und/oder bei der Ermittlung des Ansaugdruckes können sich Abweichungen zum tatsächlichen Moment ergeben. Des weiteren sind die Nebenaggregate in ihrer Momentenaufnahme nicht bekannt. Insofern ergibt sich eine weitere Ungenauigkeit bei der Bestimmung des tatsächlichen Motormomentes. Zudem können Besonderheiten in der Motorsteuerung (Leerlaufregler, Klopfregelung, Schubabschaltung) ebenfalls zu falschen Ergebnissen bei der Bestimmung des Motormomentes führen. Eine Adaption dieser Besonderheiten in der jeweiligen Motorsteuerung können bei einer Adaptionsstrategie berücksichtigt werden, um eine Bestimmung des Motormomentes zu gewährleisten. Bei den zur beispielsweise Schubabschaltung vorhandenen elektronischen Systemen können beispielsweise Signale verarbeitet werden, die in bezug auf die Schubabschaltung ein Signal an das elektronische Kupplungsmanagement weiterleiten, um die Bestimmung des Motormomentes möglichst genau zu gewährleisten.

Das Stellglied 301 kann als Elektrosteller ausgebildet sein. Eine Vorgabe des Sollweges, beispielsweise der Kupplungsdruckplatte, wird in diesem System durch eine Wegsteuerung oder Regelung umgesetzt. Für eine Regelung ist die Kenntnis des Ist-Weges unumgänglich, um das System ohne bleibende Regelabweichung einregeln zu können. Der Ist-Weg kann gemessen werden und steht somit für weitere Berechnungen zur

Verfügung. Aus dem Ist-Weg kann anhand einer theoretischen Kupplungskennlinie ein theoretisches Ist-Moment  $M_{K1stth}$  berechnet werden (man ist somit nicht gezwungen, den Sollweg zu verwenden und das Zeitverhalten der Regeln durch ein Modell anzunähern).

Ein weiterer Weg, eine zusätzliche Hilfsgröße für die Adaption zu gewinnen ist, über die Spannung und den Widerstand eine theoretische Stoßkraft zu berechnen. Mittels dieser Stoßkraft kann ein zweites theoretisches Ist-Moment  $M_{K1st2}$  berechnet werden. Bei Änderung der Stoßkraft müssen sich die Änderungen im Kupplungsmoment widerspiegeln. Ist dies nicht der Fall, so können entsprechende Korrekturen durchgeführt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, allgemeine Kräfte zur Übertragung auszunutzen, wobei die jeweiligen Ist-Werte der Kräfte mit dem entsprechenden Wert des Ist-Momentes verglichen werden kann, um zu bestimmen, ob eine Übereinstimmung des Zahlenwertes bei ein- und/oder ausgerückter Kupplung festzustellen.

Wird ein Hydrauliksystem als Verbindung zwischen dem Stellglied und der Kupplung verwendet, spielt die Temperatur des Systems und die Viskosität des Übertragungsmediums eine entscheidende Rolle. Ebenso können Leitungslängen und Rohrquerschnitte berücksichtigt werden, da bei Temperaturänderungen und Temperaturunterschieden diese Größen einer Variation unterliegen und zu Ungenauigkeiten führen können. Dementsprechend kann die Verbindungsleitung zwischen dem Nehmerzylinder und dem Geberzylinder einer Ausdehnung, wie Längenänderung bzw. Querschnittsänderung unterliegen, wodurch eine falsche Kupplungsposition signalisiert werden würde.

Das Drehmomentübertragungssystem kann eine Kupplung oder eine selbsteinstellende Kupplung sein. Die sogenannten Einflüsse sind in einer Änderung der Anpreßkräfte bzw. einer Reibwertänderung festzustellen. Die Änderung, die bezüglich der Anpreßkräfte entstehen, sind weiter unten beschrieben. Eine Adaption kann auch die Änderung des Reibwertes über dem Energieeintrag bzw. die Änderung des Reibradius als Funktionsenergieeintrages vorsehen.

Eine Adaptionsstrategie kann vorsehen, daß das Kupplungsmoment erst ab einem gewissen Mindestwert adaptiert wird, siehe Fig. 22.

Eine Adaption des gesamten Stellsystems der Kupplungsaktuatorik (umfassend den Motor, das Stellglied, ein Hydrauliksystem und eine Kupplung) sieht eine Identifikation der Beiträge der einzelnen Teilsysteme vor. Dabei wird jedes Teilsystem analysiert und die möglichen jeweiligen Fehlerquellen können erkannt und die Folgen dieser eventuellen Fehlerquellen können eingeschätzt und behoben oder reduziert werden. Dabei kann auch geprüft werden, welche Fehlerquellen bzw. Effekte wichtig sind und welche vernachlässigt werden können.

Die Adaption kann additive Anteile vorsehen, die berücksichtigt werden. Unter additiven Anteilen werden diejenigen Anteile verstanden, welche von dem absoluten Wert bzw. der absoluten Höhe des Momentes unabhängig ist. Der additive Anteil kann z. B. durch Nebenaggregate (Verbraucher vor der Kupplung) in Anspruch genommen werden. Durch additive Anteile können jedoch auch Fehler im Motormomentenkennfeld ausgeglichen werden.

In Fig. 23 ist ein schematisches Modell oder Blockschaltbild dargestellt, welches den additiven Anteil berücksichtigt. Im Block 400 wird der Motor mit seinem anliegenden Motormoment  $M_{an}$  gezeigt. Der Block 401 zeigt die Berücksichtigung additiver Anteile von z. B. Nebenaggregaten und Fehlern im Motorkennfeld. Das dadurch einzuführende Korrekturmoment  $M_{Korr}$  wird an der Verknüpfung 402 berücksichtigt, wobei gilt:

$$M_{anKorr} = M_{an} - M_{Korr}$$

Bei Block 403 wird das Trägheitsmoment des Systems berücksichtigt. Dies kann bedeuten, daß z. B. nur das Trägheitsmoment des Schwungrades oder aber auch von Teilen des Triebstranges berücksichtigt werden. Es wird ein dynamikkorrigiertes Moment bei 403 gebildet, um das an der Kupplung 404 anliegende Moment zu bestimmen.

Dieses Moment kann um einen multiplikativen Anteil korrigiert bzw. adaptiert werden. Quellen für die Notwendigkeit eines multiplikativen Anteils sind beispielsweise der sich ändernde Reibwert, z. B. als Funktion der Temperatur und sich setzende Belagfedern mit ihrer veränderten Federcharakteristik.

Weichen der angenommene und der tatsächliche Reibwert voneinander ab, so wird der Fehler umso größer, je höher das erforderliche Kupplungsmoment ist.

Der Block 406 stellt die Fahrzeugmasse im Blockschaltbild der Fig. 23 dar.

Ein Adaptionsverfahren kann dadurch ausgestaltet sein, daß bei einer Verbraucheradaption dafür gesorgt wird, daß das Kupplungsmoment ( $M_{HSoll-Korr}$ ) soweit reduziert wird, daß es zum Rutschen der Kupplung kommt. Dies kann dadurch erklärt werden, indem der Wert von  $M_{Korr}$  (Korrektur der Aggregate) nach der Gleichung

$$M_{KSoll-Korr} = K_{me} \cdot (M_{an} - M_{Korr}) + M_{sicher}$$

soweit erhöht wird, bis sich ein Schlupf einstellt. Während dieser Schlupfphase kann dann das Kupplungsmoment nach einer vorgegebenen stets genau definierten Funktion (z. B. rampenförmiges Absenken von  $M_{Korr}$ ) wieder erhöht bis der Schlupf reduziert wird. Aus diesem Verhalten kann eine Bewertung des Verbrauchers stattfinden, wobei die Bewertung jederzeit bzw. nur einmal bzw. einige Male pro Schlupfzyklus durchgeführt werden kann.

Im Idealfall, daß die tatsächliche Kupplungskennlinie mit der angenommenen Kennlinie übereinstimmt, enthält der Wert  $M_{Korr}$  den Momentenanteil, den die Verbraucher abzwiegen oder benötigen. Aufgrund dieser Abschätzung bzw. Berechnung, unter der Berücksichtigung eines Fehlers im Motormoment, können Aussagen bezüglich des Reibwerts getroffen werden.

Da keine negativen Verbraucher auftreten, können negativ adaptierte Verbraucher als ein zu niedriger

Reibwert adaptiert bzw. auch interpretiert werden. Weiterhin ist die Momentenaufnahme der einzelnen Verbraucher beschränkt, wobei die jeweilige absolute Höhe nicht bekannt sein muß. Ein Überschreiten eines Grenzwertes kann somit als ein zu hoher Reibwert interpretiert werden.

Die Fixierung einer oberen Schranke bzw. eines Grenzwertes kann bei geschickter Wahl vermeiden, daß der Wert zu groß gewählt wird und eine Reibwertänderung erst zu spät detektiert wird. Ebenso kann vermieden werden, daß bei zu geringem Grenzwert die Nebenverbraucher als Reibwertänderung interpretiert werden.

Es kann vorteilhaft sein, wenn die Adaption nur im Zugbetrieb durchgeführt wird, wobei sie oberhalb eines Mindestmomentes durchgeführt werden sollte.

Dieses einfache Adaptionsverfahren, siehe auch Fig. 14, führt dazu, daß eine Aufspaltung des Adaptionsmodells in einen additiven Anteil (Verbraucher etc.) und in einen multiplikativen Anteil nur durch Festlegung bzw. Angabe der Grenzen erfolgt. Innerhalb der Grenzen wird der Anteil als additiv angenommen, außerhalb als multiplikativ, Fehlern von anderen Verursachern, wie z. B. im Motormoment.

Ein Fehler oder eine Störung im Motormoment werden auf diese Weise den Verbrauchern bzw. der Kupplungskennlinie zugeschlagen.

Die Fig. 24 gibt ein Beispiel für eine Ausführungsform, eine Schätzung bzw. Abschätzung der additiven und multiplikativen Anteile zu den Schlupfphasen bei unterschiedlichen Lastzuständen.

Die Linie 450 zeigt den zeitlichen Verlauf des korrigierten Kupplungsmomentes. Die Linie 451 gibt den zeitlichen Verlauf der Motordrehzahl  $n_{\text{mot}}$  wieder, die Linie 452 den zeitlichen Verlauf der Getriebeeingangs-drehzahl  $n_{\text{Getr}}$ .

Zu Beginn des in diesem Beispiel dargestellten Beobachtungszeitpunktes ist die Motordrehzahl 41 annähernd gleich der Getriebedrehzahl 452. Das korrigierte Kupplungsmoment zeigt ein geringfügig fallendes Zeitverhalten.

Im Zeitraum 453 findet eine Schlupfphase statt und die Motordrehzahl 451 liegt geringfügig über dem Wert der Getriebedrehzahl. Nach der Detektion der Schlupfphase wird das Kupplungsmoment 450 erhöht. Zum Zeitraum 456 erreicht die Motordrehzahl 451 ein relatives Maximum und die Erhöhung des Kupplungsmomentes läßt die Motordrehzahl wieder absinken.

Zu Beginn des Zeitraumes 454 findet ein Tip-In statt, d. h. es wird kurzfristig eine Drehzahlerhöhung der Motordrehzahl eingeleitet. In dieser Phase findet keine Adaption statt und die Getriebedrehzahl 452 folgt der Motordrehzahl 451 zeitverzögert.

Der Zeitraum 455 zeigt entsprechend dem Zeitraum 453 eine Schlupfphase.

Da die Verbraucheradaption stets an der Rutschgrenze fährt oder fahren kann, besteht die weitere Möglichkeit, die Schlupfphasen auszuwerten, bei welchen sich Gesamtanpressung ändert bzw. verändert hat, d. h. die Sollmomente an der Kupplung oder an dem Drehmomentübertragungssystem liegen auf einem unterschiedlichen Niveau, wie beispielsweise ein anderes Motormoment und/oder andere Lastzustände zeigen. Eine Voraussetzung hierfür ist, daß sich der tatsächliche Verbraucher nicht geändert hat, d. h. eine zu lange Zeitspanne zwischen den Schlupfphasen zeigt sich als nicht sehr günstig.

Ändert sich bei verschiedenen Lastzuständen, wie z. B. in den Schlupfphasen 453 und 455 der Verbraucherwert nicht, so kann davon ausgegangen werden, daß der angenommene und/oder bestimmte und/oder berechnete Reibwert dem realen Reibwert der Kupplung entspricht.

In einem solchen Fall kann der Reibwert korrigiert werden bzw. eine Korrektur vorgenommen werden.

Vorteilhaft bei dieser Ausführungsform ist, daß eine Aufteilung in einen additiven und multiplikativen Anteil durchgeführt werden kann.

Im Falle einer Verbraucheränderung während der Zeit der Adaption kann eine Trennung einer Reibwertänderung und einer Verbraucheränderung nicht korrekt durchgeführt werden, was durch eine erhöhte Frequenz des Adaptionsverfahrens weitgehend kompensiert werden kann.

Weiterhin kann eine Adaption in Konstantphase nach Laständerungen durchgeführt werden, die aufgrund von möglichen langen Zeitabständen mit anderen Adaptionsstrategien kombiniert werden kann.

Eine Adaption des multiplikativen Anteils in dynamischen Bereichen oder Fällen, wie z. B. einem Tip-In und/oder beim Anfahren kann ebenfalls durchgeführt werden. Im Schlupffall gilt

$$M_{\text{an}} - M_{\text{kor}} - \frac{\mu_{\text{ist}}}{\mu_{\text{theo}}} * M_{\text{Ksollkor}} = J * d \frac{\omega}{dt}$$

Mittels dieser Gleichung kann man die unbekannten Größen ermitteln, wobei  $\mu_{\text{ist}}$  und  $\mu_{\text{theo}}$  der tatsächliche und der theoretische Reibwert sind.

Anhand der Fig. 25 sei dieses Adaptionsverfahren näher erläutert. Die Fig. 25 zeigt das zeitliche Verhalten des anstehenden Momentes 500, des Kupplungsmomentes 502, der Motordrehzahl 501, von  $J \cdot d\omega/dt$  503, der Getriebedrehzahl 504 und des korrigierten Kupplungssollmomentes 505.

In der Phase 506, in welcher das anstehende Motormoment 500 konstant ist, muß eine Änderung von  $J \cdot d\omega/dt$  503 mit einer Änderung des korrigierten Kupplungssollmomentes korreliert sein, wenn sich das korrigierte Kupplungsmoment 505 nicht ändert. Diese Bedingung ist jedoch in den meisten Situationen erfüllt, da sich die Verbrauch in der Regel kurzfristig kaum ändern. Wenn diese Änderungen nicht korreliert sind, d. h. eine Änderung von dem korrigierten Sollkupplungsmoment 505 keine Änderung von  $J \cdot d\omega/dt$  (503) nach sich zieht, muß der Reibwert entsprechend korrigiert werden, liegt die Änderung von 505 über der von 503, so muß der theoretische Reibwert erniedrigt werden, weil der tatsächliche Reibwert kleiner ist als der angenommene Wert.

Entsprechend muß man im umgekehrten Fall verfahren.

Durch diese Methode ist es möglich, den Wert des Reibwerts direkt zu berechnen oder zu bestimmen. Deshalb

kann man zu einem Zeitpunkt an den der Motordrehzahlgradient Null ist, wie z. B. bei den Positionen 507, die Höhe des Wertes der Nebenverbraucher berechnet werden, da das Motormoment bekannt ist. Es gilt dann:

$$5 \quad M_{\text{Korr}} = M_{\text{an}} - \frac{\mu_{\text{Ist}}}{\mu_{\text{theo}}} * M_{\text{KSollKorr}}$$

Da zwischen dem berechneten Soll-Moment  $M_{\text{KSollKorr}}$  505 und dem tatsächlichen Ist-Moment der Kupplung 502 das Stellglied liegt, wobei das Stellverhalten im allgemeinen nicht zu vernachlässigen ist, kann man eine Modellierung des Stellgliedes vornehmen, um die Güte der Adaption in dynamischen Fällen weiter zu erhöhen. Bei einem elektromotorisch betriebenen Steller eines elektronischen Kupplungsmanagement-Systemes bietet sich durch die Wegmessung, beispielsweise im Geberzylinder an, aus dem gemessenen Ist-Weg und einer Kennlinie ein theoretisches Ist-Moment 502 zu berechnen. Dies kann anstelle des Soll-Momentes benutzt werden und soll mit  $M_{\text{KIst}}$  502 bezeichnet werden. Somit umgibt man den dynamischen Anteil, der durch die Wegregelung entsteht. Besonders vorteilhaft ist das Adaptionsverfahren in allen Fahrzuständen, in welchen Schlupf auftritt. Ebenso ist es vorteilhaft, daß eine Aufteilung in einen multiplikativen und einen additiven Anteil durchgeführt werden kann.

Eine weitere Möglichkeit zur Adaption bietet die Identifikation des multiplikativen Anteiles durch die Bewertung von Anfahrddrehzahlen. Diese einfache Möglichkeit für die Identifizierung des additiven und multiplikativen Anteiles besteht in der Auswertung eines Anfahrvorganges. Zu dem Zeitpunkt, in welchem der Motor sich im Leerlauf mit einer Leerlaufdrehzahl befindet, der Fahrer hat kein Gas gegeben, werden die vom Motor aufgebrauchten Momente zur eigenen Versorgung und Kompensation der Nebenaggregate benutzt. Der Wert des Motormomentes, welcher in dieser Situation angenommen wird, kann daher als Anhaltspunkt für den Wert für das korrigierte Moment angenommen werden. Beim Anfahrvorgang, wenn der Fahrer Gas gibt, wird zu einem gewissen Zeitpunkt die erreichte Motordrehzahl bewertet bzw. ausgewertet. Die Motordrehzahl wird im Zusammenhang mit dem anliegenden Kupplungsmoment, welches aus dem aktuellen Motormoment minus dem Motormoment kurz vor dem Gasgeben gebildet wird, gebracht. Anhand einer Tabelle kann verglichen werden, ob die zu dem anliegenden Motormoment gehörige Motordrehzahl mit der tatsächlichen Ist-Motordrehzahl übereinstimmt. Bei größeren Abweichungen liegt eine Änderung im Reibwert vor und der im Steuerrechner vorhandene Reibwert kann dann entsprechend korrigiert werden.

Die Fig. 26 zeigt das anliegende Motormoment 510 und die Motordrehzahl 511 sowie die Geriebeeingangs-drehzahl 512 als Funktion der Zeit. Vor einem Zeitpunkt 517 befindet sich das Fahrzeug im Leerlaufzustand, wobei anhand der Werte im Bereich 513 die Nebenaggregate mit ihrer Leistungs- bzw. Drehmomentaufnahme bewertet werden. Im Bereich nach dem Zeitpunkt 518, welcher nach einer Beschleunigungsphase festgelegt ist, kann aus dem Wert des anliegenden Motormomentes eine Soll-Motordrehzahl 514 bestimmt werden, welche mit dem Ist-Wert 511 der Motordrehzahl verglichen werden kann 515 und somit eine Abschätzung für den Reibwert vorgenommen werden kann. Diese Verfahrensweise läßt eine Aufteilung in einen multiplikativen bzw. additiven Anteil zu, wobei sich keine Auswirkungen zeigen bei einer dynamischen Änderung des Stellgliedes. Die Adaption nach diesem Verfahren zeichnet sich insbesondere dadurch aus, daß dies nur beim Anfahren möglich ist und ein Fehler im Motormomentensignal die Adaption beeinflussen kann.

Eine weitere Möglichkeit eines Verfahrens zur Adaption kann dadurch ausgestaltet sein, daß die Identifikation der gesamten Kennlinie anhand punktueller Stützstellen durchgeführt wird. Diese Möglichkeit, für Systeme mit einer detektierbaren Stellgröße wie Stellung des Ausrücksystems bzw. Ausrückweg läßt sich vorteilhaft für die Berechnung durchführen, wenn zu Beginn einer dynamischen Adaption der adaptive Teil, Verbrauchermomente und/oder Aggregateverluste, näherungsweise bekannt sind. Eine Berechnung des Offset-Signales bei nicht bekannten Verbrauchermomenten und Aggregateverlusten könnte ebenfalls durchgeführt werden. Wobei die Bestimmung durch numerische Verfahren durchgeführt werden kann.

Zur Identifikation der Kennlinie würde man zu bestimmten Wegpunkten bzw. Stützstellen in der Kennlinie das entsprechende berechnete theoretische Kupplungsmoment 520 mit demjenigen aus der Kupplungskennlinie 50 und dem Ist-Weg 521 vergleichen. Bei einer Abweichung würden dann inkrementell die Stützstellen korrigiert werden, wobei gilt:

$$M_{\text{Kupplungtheo}} = M_{\text{An}} - M_{\text{Korr}} - J \cdot d\omega/dt$$

Die Fig. 27 zeigt aus dem Ist-Wert 522 in einem Zeitfenster 523 eine Veränderung des Ist-Weges des Stellgliedes, wobei die Motordrehzahl 524 und die Getriebedrehzahl 525 detektiert werden. Anhand der Stützstellen 526 können aus dem Ist-Weg und der Kenntnis der Kennlinie des Drehmomentübertragungssystems das entsprechende berechnete Kupplungsmoment 520 bestimmt werden, welches mit dem Ist-Kupplungsmoment verglichen werden kann. Die Fig. 27 zeigt diese Größen als Funktion der Zeit, wobei die Stützstellen 526 anhand von Ortsangaben des Weges des Stellgliedes definiert werden können und je nach Geschwindigkeit der Verstellung des Stellgliedes eine Spreizung der einzelnen Stützstellen erfolgt.

Die Fig. 28 zeigt eine Kupplungskennlinie 530 mit Stützstellen 531, in welchem das Kupplungsmoment bestimmt bzw. berechnet wird. Weiterhin wird der Adaptionsbereich 532 dargestellt, welcher nicht auf den gesamten Bereich der Kupplungskennlinie festgelegt sein muß, wobei es vorteilhaft sein kann, wenn der Momentenbereich oberhalb eines Grenzwertes 533 adaptiert wird und eine Adaption unterhalb des Grenzwertes 533 dahingehend erfolgt, daß ein Mindestwert angesetzt wird, wie er beispielsweise in den Fig. 15a bis 15e vorge schlagen wird. Eine solche Adaption kann unabhängig sein von dem abgelegten prinzipiellen Verlauf der Kennlinie, wobei Fehler der theoretischen Kennlinie ausgeglichen werden.

Die Adaption der Stützstellen hat folgerichtig ebenfalls Auswirkungen auf Betriebsbereiche, welche nicht auf den Stützstellen liegen, jedoch ist in diesen Bereichen eine Extrapolation notwendig, da die adaptierten Betriebspunkte nicht zwingend angefahren werden bzw. angefahren werden müssen.

Die Fig. 29a zeigt schematisch einen Antriebsstrang eines Fahrzeuges mit einer Antriebseinheit 600 und einem der Antriebseinheit im Kraftfluß nachgeschalteten Drehmoment-Übertragungssystem 601. Dem Drehmoment-Übertragungssystem ist ein automatisches Getriebe 610 nachgeschaltet, welches ohne Beschränkung der Allgemeinheit schematisch als Kegelscheibenumschlingungsgetriebe dargestellt ist. Das Getriebe kann auch ein automatisches stufenlos einstellbares Getriebe sein, wie beispielsweise ein Reibradgetriebe oder ein Reibringgetriebe.

Das Kegelscheibenumschlingungsgetriebe besteht im wesentlichen aus einem Variator, welcher sich aus zwei Paaren von Kegelscheibensätzen 602a, 602b, 603a, 603b und einem Umschlingungsmittel 604 zusammensetzt.

Dem Variator des Kegelscheibenumschlingungsgetriebes ist zumindest eine feste Übersetzungsstufe 605 nachgeschaltet, welche auf ein Differential 606 wirkt.

Die Fig. 29b weist die gleichen Bauanordnung auf, bis auf die Anordnung des Drehmoment-Übertragungssystems 611, welches im Kraftfluß dem Getriebe 610, wie Variator, nachgeschaltet ist.

Die Anpressung des Umschlingungsmittels wird so gewählt, daß es nicht zu einem Rutschen des Umschlingungsmittels relativ zu den Kegelscheibensätzen kommt. Ein Steuersystem steuert die Anpressung des Umschlingungsmittels 604 zwischen den Kegelscheibenpaaren um ein Rutschen zu verhindern, da ein Rutschen lokal zu Beeinträchtigungen bis hin zur Zerstörung des Umschlingungsmittels führen kann.

Bei einer Änderung des anliegenden Motormomentes kann eine adaptive Steuerung das übertragbare Drehmoment nachführen bzw. vorgeben und eine Änderung des Betriebspunktes kann nicht zu einem Durchrutschen des Umschlingungsmittels, wie Kette, führen.

Die Anpressung des Umschlingungsmittels muß mit einer Überanpressung erfolgen, um im Falle von beispielsweise Torsionsschwingungen im Antriebsstrang ein Durchrutschen durch ein kurzfristig erhöhtes anliegendes Drehmoment zu vermeiden.

Die Ansteuerung der Anpressung mit einer möglichst geringen Überanpressung ist zweckmäßig, da die Überanpressung zu Reibverlusten und somit zu einem geringen Wirkungsgrad und zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch führt. Eine Absenkung der Überanpressung kann die Gefahr des Durchrutschens des Umschlingungsmittels nach sich führen.

Die oben beschriebenen Schwankungen des anstehenden und zu übertragenden Drehmoments des Variators können mittels eines Steuerverfahrens berechnet und berücksichtigt werden, da eine Abhängigkeit vom Betriebspunkt adaptiert werden kann.

Weiterhin können unvorhergesehene Drehmomentstöße abtriebsseitig auftreten, wie beispielsweise, wenn das Fahrzeug mit drehenden Reifen von einem glatten Fahrbahnbelag auf einen griffigen Fahrbahnbelag gelangt. In dieser Situation tritt ein abtriebsseitiger Drehmomentstoß auf, der nicht vorherberechnet werden kann. Sowohl der zeitliche Verlauf, als auch der Amplitudenwert sind nicht berechenbar.

Um den Variator vor solchen Drehmomentstößen zu schützen, wird nach den Abb. 29a, 29b ein Drehmoment-Übertragungssystem 601, 611 im Antriebsstrang angeordnet, welches derart angesteuert wird, daß das von dem Drehmoment-Übertragungssystem übertragbare Drehmoment stets geringer ist als das von dem Variator übertragbare Drehmoment.

Die Ansteuerung des übertragbaren Drehmoments des Drehmoment-Übertragungssystems 601, 611 gewährleistet in jedem Betriebspunkt, daß das übertragbare Drehmoment des Variators größer ist als das übertragbare Drehmoment des Drehmoment-Übertragungssystems. Das Drehmoment-Übertragungssystem bildet somit eine momentennachgeführte Überlastkupplung, die in jedem Betriebspunkt adaptiv gesteuert werden kann. Durch die adaptive Ansteuerung des Drehmoment-Übertragungssystems kann die Anpressung des Umschlingungsmittels derart reduziert werden, daß die Sicherheitsreserve zum Schutz vor einem Rutschen des Umschlingungsmittels reduziert werden. Somit kann der Wirkungsgrad des Getriebes erhöht werden, ohne ein Sicherheitsrisiko für den Variator eingehen zu müssen.

Das Drehmoment-Übertragungssystem kann als eigene Sicherheitskupplung und/oder als Wendesatzkupplung und/oder als Überbrückungskupplung eines Drehmomentwandlers oder zusätzlich als Kupplung zur Verstellung des Variators Verwendung finden.

Eine abtriebsseitige Anordnung des Drehmoment-Übertragungssystems ist insbesondere vorteilhaft, da Laststöße von der Abtriebsseite früher erkannt werden als bei antriebsseitiger Anordnung, da bei einer Momenteneinbringung noch die Drehmassen des Variators wirken.

Eine abtriebsseitige Anordnung zeigt weiterhin den Vorteil, daß bei Stillstand des Fahrzeuges der Variator bei laufendem Motor in Rotation ist und eine Schnellverstellung und/oder Stillstandsverstellung zügiger durchgeführt werden kann.

Bei einer abtriebsseitigen Anordnung des Drehmoment-Übertragungssystems müssen zur Bestimmung und/oder zur Berechnung des anstehenden Motormomentes die Übersetzung des Variators und die Verluste berücksichtigt werden.

Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte und beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern umfaßt insbesondere auch Varianten, die durch Kombination von in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung beschriebenen Merkmalen bzw. Elementen gebildet werden können. Weiterhin können einzelne, in Verbindung mit den Figuren beschriebene Merkmale bzw. Funktionsweisen für sich allein genommen eine selbständige Erfindung darstellen.

Die Anmelderin behält sich also vor, noch weitere bisher nur in der Beschreibung, insbesondere in Verbindung mit den Figuren offenbarte Merkmale von erfindungswesentlicher Bedeutung zu beanspruchen. Die mit der Anmeldung eingereichten Patentansprüche sind somit lediglich Formulierungsvorschläge ohne Präjudiz für die

Erzielung weitergehenden Patentschutzes.

## Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zum Steuern eines Drehmoment-Übertragungssystems mit oder ohne Leistungsverzweigung, insbesondere für Kraftfahrzeuge, bei dem das von einer An- auf eine Abtriebsseite des Drehmoment-Übertragungssystems übertragbare Kupplungsmoment als Steuergröße benutzt wird, wobei diese Steuergröße in Abhängigkeit eines Antriebsmomentes berechnet und/oder bestimmt wird.
- 10 2. Verfahren zum Steuern eines Drehmoment-Übertragungssystems mit oder ohne Leistungsverzweigung, welches das von einer An- auf eine Abtriebsseite des Drehmoment-Übertragungssystems übertragbare Drehmoment steuert, ein Sensoriksystem zur Meßwerterfassung und eine damit in Verbindung stehende zentrale Steuer- oder Rechneinheit umfaßt, wobei das von dem Drehmoment-Übertragungssystem übertragbare Drehmoment derart angesteuert wird, daß das übertragbare Drehmoment als Funktion eines Antriebsmomentes berechnet, adaptiert und gesteuert wird und Abweichungen vom Idealzustand durch Korrekturen langfristig ausgeglichen werden.
- 15 3. Verfahren zum Steuern eines Drehmoment-Übertragungssystems, insbesondere für Kraftfahrzeuge, welches einer Antriebsmaschine im Kraftfluß nachgeschaltet und einer Übersetzungsveränderlichen Einrichtung im Kraftfluß vor- und/oder nachgeschaltet ist und das von einer An- auf eine Abtriebsseite des Drehmomentübertragungssystems übertragbare Drehmoment steuert, eine Steuer- oder Rechneinheit umfaßt, welche mit Sensoren und/oder anderen Elektroneinheiten in Signalverbindung steht, wobei das von dem Drehmomentübertragungssystem übertragbare Drehmoment derart angesteuert wird, daß das übertragbare Drehmoment als Funktion eines Antriebsmomentes berechnet und adaptiv gesteuert wird und Abweichungen vom Idealzustand durch Korrekturen langfristig ausgeglichen werden.
- 20 4. Verfahren, insbesondere nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuergröße mittels eines Stellglieds, welchem eine vom übertragbaren Kupplungsmoment funktional abhängige Stellgröße vorgegeben wird, derart angesteuert wird, daß das übertragbare Kupplungsmoment stets innerhalb eines vorgebbaren Toleranzbandes um eine Rutschgrenze liegt, wobei diese Rutschgrenze dann erreicht ist, wenn die Wirkung eines antriebsseitig anstehenden Drehmomentes das von den drehmomentübertragenden Teilen übertragbare Kupplungsmoment übersteigt.
- 25 5. Verfahren, insbesondere nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das von einem Drehmoment-Übertragungssystem, wie Reibungskupplung und/oder hydrodynamischer Strömungswandler mit oder ohne Wandlerüberbrückungskupplung und/oder Anfahrkupplung für automatische Getriebe und/oder Wendesatzkupplung und/oder vor- oder nachgeschaltetes Drehmoment-Übertragungssystem eines stufenlosen Getriebes, wie stufenlos einstellbares Kegelscheibenumschlingungsgetriebe, übertragbare Drehmoment als Funktion eines Antriebsmomentes derart gesteuert wird, daß bei Systemen mit Leistungsverzweigung, wie hydrodynamischer Strömungswandler mit Wandlerüberbrückungskupplung, das von der Kupplung übertragbare Drehmoment nach der Momentengleichung
- 30
- 35

$$\begin{array}{ll}
 40 & M_{KSoll} = K_{ME} * M_{AN} \\
 & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{für } K_{ME} \leq 1 \\
 45 & M_{Hydro} = (1 - K_{ME}) * M_{AN} \\
 & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{für } K_{ME} > 1 \\
 50 & M_{KSoll} = K_{ME} * M_{AN} \\
 & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \\
 55 & M_{Hydro} = 0
 \end{array}$$

mit  
 $K_{ME}$  = Momentenaufteilungsfaktor  
 $M_{KSoll}$  = Kupplungs-Soll-Moment  
 $M_{AN}$  = anliegendes Moment  
 $M_{Hydro}$  = vom hydrodynamischen Strömungswandler übertragenes Moment

ermittelt wird und eine Momentendifferenz zwischen dem von dem Antriebsaggregat an dem Drehmomentübertragungssystem anliegendem Moment  $M_{AN}$  und dem von der Kupplung übertragbaren Moment  $M_{KSoll}$  durch den hydrodynamischen Strömungswandler übertragen wird, wobei sich ein minimaler Schlupf zwischen An- und Abtrieb des Drehmoment-Übertragungssystems in Abhängigkeit des Momentenaufteilungsfaktors  $K_{ME}$  selbständig einstellt und Abweichungen vom Idealzustand adaptiv erfaßt und langfristig ausgeglichen werden.

6. Verfahren, insbesondere nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das von dem Drehmoment-Übertragungssystem übertragbare Drehmoment als Funktion eines Antriebsmomentes derart gesteuert wird, daß bei Systemen ohne Leistungsverzweigung, wie Reibungskupplung und/oder Anfahrkupplung und/oder Wendesatzkupplung und/oder Drehmomentübertragungssystem eines automatischen Getriebes oder eines stufenlos einstellbaren Kegelscheibenumschlingungsgetriebes, das von der Reibungskupplung oder Anfahrkupplung übertragbare Drehmoment

$$M_{KSoll} = K_{ME} \cdot M_{AN}$$

ermittelt wird und für  $K_{ME} \geq 1$  eine definierte Überanpressung der drehmomentübertragenden Teile erfolgt.

7. Verfahren, insbesondere nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das von dem Drehmoment-Übertragungssystem übertragbare Drehmoment als Funktion eines Antriebsmomentes derart gesteuert wird, daß bei Systemen ohne Leistungsverzweigung, wie Reibungskupplung und/oder Anfahrkupplung und/oder Drehmoment-Übertragungssystem eines automatischen Getriebes und/oder eines stufenlos einstellbaren Kegelscheibenumschlingungsgetriebes, das von dem Drehmoment-Übertragungssystem übertragbare Drehmoment

$$M_{KSoll} = K_{ME} \cdot M_{AN} + M_{Sicher}$$

ermittelt wird und für  $K_{ME} < 1$  eine fiktive Leistungsverzweigung durch eine unterlagerte Steuerschleife das Verhalten eines parallelgeschalteten hydrodynamischen Strömungswandler nachbildet und ein Anteil des übertragbaren Drehmoments über die Momentensteuerung angesteuert wird und das restliche Drehmoment über ein Sicherheitsmoment  $M_{Sicher}$  schlupfabhängig nachgesteuert wird.

8. Verfahren, insbesondere zum Steuern eines Drehmomentübertragungssystems nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Sicherheitsmoment  $M_{Sicher}$  in Abhängigkeit eines Betriebspunktes eingestellt wird.

9. Verfahren zum Steuern eines Drehmoment-Übertragungssystems nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sicherheitsmoment  $M_{Sicher}$  in funktioneller Abhängigkeit des Schlupfes  $\Delta n$  und/oder der Drosselklappenstellung  $d$  nach

$$M_{Sicher} = f(\Delta n, d)$$

ermittelt und/oder angesteuert wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Sicherheitsmoment  $M_{Sicher}$  nach

$$M_{Sicher} = \text{Const.} \cdot \Delta n$$

ermittelt und/oder angesteuert wird.

11. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Momentenaufteilungsfaktor  $K_{ME}$  über den gesamten Betriebsbereich des Antriebsstranges konstant ist.

12. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Momentenaufteilungsfaktor  $K_{ME}$  einen aus dem jeweiligen Betriebspunkt heraus ermittelten individuellen Wert annimmt und/oder zumindest in einem Teilbereich des Betriebsbereiches einen jeweils konstanten Wert annimmt.

13. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert des Momentenaufteilungsfaktors  $K_{ME}$  in einem von der Antriebsdrehzahl und/oder der Fahrzeuggeschwindigkeit abhängigen funktionellen Zusammenhang steht.

14. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert des Momentenaufteilungsfaktors  $K_{ME}$  von der Drehzahl des Antriebsaggregats alleine abhängt.

15. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert des Momentenaufteilungsfaktors  $K_{ME}$  zumindest in einem Teilbereich des gesamten Betriebsbereiches sowohl von der Drehzahl als auch vom Drehmoment des Antriebsaggregats abhängig ist.

16. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert des Momentenaufteilungsfaktors  $K_{ME}$  sowohl von der Abtriebsdrehzahl als auch vom Drehmoment des Antriebsaggregats abhängig ist.

17. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß zu jedem Zeitpunkt ein bestimmtes Soll-Kupplungsmoment von dem Drehmoment-Übertragungssystem übertragen wird.

18. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das übertragbare Kupplungsmoment dem Soll-Kupplungsmoment nachgeführt wird.

19. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das übertragbare Kupplungsmoment unter Berücksichtigung einer geringen in einem Streuband liegenden Überanpressung  $\Delta M$  bezüglich des Soll-Kupplungsmomentes nachgeführt wird.

20. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Überanpressung  $\Delta M$  abhängig vom Betriebspunkt ist.

21. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Betriebsbereich in Teilbereiche aufgeteilt wird und die Anpressung für jeden Teilbereich festgelegt wird.

22. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Anpressung und/oder das übertragbare Kupplungsmoment zeitlich veränderlich angesteuert wird.
23. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das einzustellende übertragbare Kupplungsmoment einen Mindestwert  $M_{\text{Min}}$  nicht unterschreitet.
24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Mindestmoment  $M_{\text{Min}}$  vom Betriebspunkt und/oder vom Teilbereich des Betriebsbereiches und/oder von der Zeit abhängt.
25. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 17 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Momentennachführung mittels einer Kombination von einer zeitlich veränderlichen, betriebspunkt spezifischen Nachführung mit einem Mindestwert durchgeführt wird.
26. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß ein Betriebspunkt oder Betriebszustand eines Drehmomentübertragungssystems und/oder einer Brennkraftmaschine aus den aus Meßsignalen ermittelten oder berechneten Zustandsgrößen, wie in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und des Drosselklappenwinkels, in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und dem Kraftstoffdurchsatz, in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und dem Saugrohrunterdruck, in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und der Einspritzzeit oder in Abhängigkeit der Temperatur und/oder des Reibwertes und/oder des Schlupfes und/oder des Lasthebels und/oder des Lasthebelgradienten bestimmt wird.
27. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Drehmomentübertragungssystem mit antriebsseitig angeordneter Brennkraftmaschine, das Antriebsmoment der Brennkraftmaschine aus zumindest einer der Zustandsgrößen des Betriebspunktes, wie Motordrehzahl, Drosselklappenwinkel, Kraftstoffdurchsatz, Saugrohrunterdruck, Einspritzzeit oder Temperatur bestimmt wird.
28. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß das an dem Drehmoment-Übertragungssystem antriebsseitig anliegende Drehmoment  $M_{\text{AN}} \cdot K_{\text{ME}}$  mit einer der Dynamik des Systems Rechnung tragenden Abhängigkeit beeinflußt und/oder verändert wird, wobei die Dynamik des Systems durch das dynamische Verhalten aufgrund von Massenträgheitsmomenten und/oder Freiwindeln und/oder Dämpfungselementen verursacht werden kann.
29. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorhanden sind, welche die Dynamik des Systems gezielt einschränken und/oder beeinflussen.
30. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 28 und oder 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Dynamik des Systems zur Beeinflussung von  $M_{\text{AN}} \cdot K_{\text{ME}}$  in einer Form der Gradientenbegrenzung realisiert wird.
31. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Gradientenbegrenzung als Limitierung eines zulässigen Inkrements realisiert wird.
32. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Gradientenbegrenzung dadurch realisiert ist, daß die zeitliche Veränderung und/oder das zeitlich veränderliche Ansteigen eines Signales mit einer maximal erlaubten Rampe oder Rampenfunktion verglichen wird und bei Überschreitung des maximal zulässigen Inkrements das Signal durch ein Ersatzsignal ersetzt wird, welches mit einer zuvor definierten Rampe inkrementiert wird.
33. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Beeinflussung der Dynamik des Systems nach dem Prinzip eines zeitlich dynamischen oder veränderbaren Filters ausgelegt ist, wobei die charakteristischen Zeitkonstanten und/oder Verstärkungen zeitlich veränderlich und/oder vom Betriebspunkt abhängig sind.
34. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Dynamik des Systems mit einem  $PT_1$ -Filter berücksichtigt und/oder verarbeitet wird.
35. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der Ansprüche 28 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Dynamik des Systems sich durch eine Maximum-Begrenzung auszeichnet.
36. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 28 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest zwei Mittel der Beeinflussung der Dynamik des Systems, wie eine Gradientenbegrenzung und eine Filterstufe, in Reihe geschaltet sind.
37. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der Ansprüche 28 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest zwei Mittel der Beeinflussung der Dynamik des Systems, wie eine Gradientenbegrenzung und ein Filter parallel geschaltet sind.
38. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß die Dynamik der Brennkraftmaschine und die Dynamik der Nebenverbraucher bei der Bestimmung des Antriebsmoments  $M_{\text{AN}}$  berücksichtigt werden.
39. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß die Massenträgheitsmomente der jeweiligen Schwungmassen und/oder Elemente zur Berücksichtigung der Dynamik der Brennkraftmaschine herangezogen werden.
40. Verfahren nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß das Einspritzverhalten der Brennkraftmaschine zur Berücksichtigung der Dynamik der Brennkraftmaschine herangezogen wird.
41. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 40, dadurch gekennzeichnet, daß Abweichungen vom Idealzustand durch die Berücksichtigung der Nebenverbraucher und/oder die Korrektur und/oder die Kompensation von Störungen und/oder Störquellen langfristig ausgeglichen werden.
42. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß das an dem Drehmoment-Übertragungssystem eingangsseitig anliegende Drehmoment, als eine Differenz zwischen dem Motormoment  $M_{\text{Mot}}$  und der Summe der aufgenommenen oder abgezweigten Drehmomente der Nebenverbraucher detektiert und/oder berechnet wird, wobei als Nebenverbraucher zumindest im wesentlichen eine Klimaanlage und/oder eine Lichtmaschine und/oder eine Servopumpe und/oder eine Lenkhilfpumpe berücksichtigt



werden.

43. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Wertes des Motormoments  $M_{Mot}$  Systemzustandsgrößen wie die Motordrehzahl und der Drosselklappenwinkel, die Motordrehzahl und der Kraftstoffdurchsatz die Motordrehzahl und der Saugrohrunterdruck, die Motordrehzahl und die Einspritzzeit, die Motordrehzahl und der Lasthebel, herangezogen werden.

44. Verfahren nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß mit Hilfe von Systemzustandsgrößen das Motormoment  $M_{Mot}$  aus einem Motorkennfeld ermittelt wird.

45. Verfahren nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Motormoments  $M_{Mot}$  Systemzustandsgrößen herangezogen werden und das Motormoment durch die Lösung von zumindest einer Gleichung oder eines Gleichungssystems bestimmt wird.

46. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß die Momentenaufnahme der Nebenverbraucher aus Meßgrößen, wie Spannungs- und/oder Strommeßwerten der Lichtmaschine und/oder Einschaltssignale der Nebenverbraucher und/oder andere den Betriebszustand der Nebenverbraucher anzeigenden Signale bestimmt wird.

47. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, daß die Momentenaufnahme der Nebenverbraucher mit Hilfe von Meßgrößen aus Kennfeldern der jeweiligen Nebenverbraucher bestimmt wird.

48. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß die Momentenaufnahme der Nebenverbraucher durch die Lösung zumindest einer Gleichung oder eines Gleichungssystems bestimmt wird.

49. Verfahren, insbesondere nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 48, dadurch gekennzeichnet, daß das korrigierte übertragbare Kupplungsmoment nach der Momentengleichung

$$M_{KSoll} = K_{ME} \cdot (M_{AN} - M_{Korr}) + M_{Sicher}$$

bestimmt werden kann und das Korrekturmoment  $M_{(Korr)}$  sich aus einem Korrekturwert ergibt, welcher von der Summe der von den Nebenaggregaten aufgenommenen Momenten abhängig ist.

50. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 49, dadurch gekennzeichnet, daß eine Korrektur von Störungen durchgeführt wird, welche Auswirkungen auf meßbare Systemeingangsgrößen haben.

51. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß meßbare Störgrößen erfaßt und/oder identifiziert werden und durch eine Parameteradaption und/oder durch eine Systemadaption zumindest teilweise kompensiert und/oder korrigiert werden.

52. Verfahren, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß meßbare Systemeingangsgrößen benutzt werden, um Störgrößen zu identifizieren und/oder durch Parameteradaption und/oder Systemadaption zu korrigieren und/oder zumindest teilweise zu kompensieren.

53. Verfahren, insbesondere nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Systemeingangsgrößen wie Temperaturen, Drehzahlen, Reibwert und/oder Schlupf als Größen verwendet werden, um eine Störgröße zu identifizieren und/oder mit Hilfe einer Parameteradaption und/oder Systemadaption zu korrigieren und/oder zumindest teilweise zu kompensieren.

54. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der Ansprüche 50 bis 53, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kompensation und/oder Korrektur von meßbaren Störgrößen durch Adaption des Motorkennfeldes durchgeführt wird.

55. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 54, dadurch gekennzeichnet, daß aus einem Vergleich zwischen Kupplungssollmoment und -istmoment ein Korrektur-Kennlinienfeld erzeugt wird und für den jeweiligen Betriebspunkt ein Korrekturwert ermittelt wird, welcher additiv mit dem Wert des Motormomentes aus dem Motorkennfeld verknüpft wird.

56. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 55, dadurch gekennzeichnet, daß anhand einer in einem Betriebspunkt ermittelten Abweichung Analysen und/oder Maßnahmen eingeleitet werden, um Abweichungen und/oder Korrekturwerte in anderen Betriebspunkten des gesamten Betriebsbereiches zu berechnen und/oder festzulegen.

57. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 55, dadurch gekennzeichnet, daß anhand einer in einem Betriebspunkt ermittelten Abweichung Analysen und/oder Maßnahmen eingeleitet werden, um Abweichungen und/oder Korrekturwerte in anderen Betriebspunkten eines begrenzten Betriebsbereiches zu berechnen und/oder festzulegen.

58. Verfahren, insbesondere zum nach Anspruch 56, dadurch gekennzeichnet, daß die Analysen und/oder Maßnahmen zur Bestimmung und/oder Berechnung von Abweichungen und Korrekturwerten in den weiteren Betriebspunkten den gesamten oder einen eingeschränkten Betriebsbereich berücksichtigen.

59. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 56 bis 58, dadurch gekennzeichnet, daß die Analysen und/oder Maßnahmen zur Berechnung von Abweichungen und Korrekturwerten in den weiteren Betriebspunkten nur Teilbereiche um den aktuellen Betriebspunkt erfassen.

60. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 56 bis 59, dadurch gekennzeichnet, daß die Analysen und/oder Maßnahmen zur Bestimmung und/oder Berechnung von Abweichungen und/oder Korrekturwerten in den weiteren Betriebspunkten derart durchgeführt werden, daß Gewichtungsfaktoren unterschiedliche Bereiche des gesamten Betriebsbereiches unterschiedlich bewerten oder gewichten.

61. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 60, dadurch gekennzeichnet, daß die Gewichtungsfaktoren als Funktion des Betriebspunktes gewählt und/oder berechnet werden.

62. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 60 und/oder Anspruch 61, dadurch gekennzeichnet, daß die Gewichtungsfaktoren von der Art der Störgrößen und/oder von der Ursache der Störung abhängen.

63. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der Ansprüche 54 bis 62, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Bestimmung des Korrekturwertes und/oder nach der Gewichtung des Korrekturkennfeldes dem Korrekturwert ein Zeitverhalten aufgeprägt wird.
64. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, daß das Zeitverhalten durch eine Taktfrequenz einer Abtastung des Korrekturwertes bestimmt wird.
65. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 63 und/oder Anspruch 64, dadurch gekennzeichnet, daß das Zeitverhalten durch zumindest einen digitalen oder/und analogen Filter bestimmt wird.
66. Verfahren, insbesondere nach zumindest einem der Ansprüche 56 bis 65, dadurch gekennzeichnet, daß für unterschiedliche Störgrößen und/oder unterschiedliche Störquellen das Zeitverhalten variiert wird.
67. Verfahren, insbesondere nach zumindest einem der Ansprüche 56 bis 66, dadurch gekennzeichnet, daß das Zeitverhalten in Abhängigkeit vom Wert der Korrekturen gewählt wird.
68. Verfahren, insbesondere nach zumindest einem der Ansprüche 56 bis 67, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsmoment mit einem Adaptionverfahren mit größerer oder kleinerer Zeitkonstante adaptiert wird als die Zeitkonstante des Adaptionsverfahrens des Kupplungsmoments.
69. Verfahren zum Steuern eines Drehmoment-Übertragungssystems nach Anspruch 64, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitkonstante in einem Bereich von 1 sec bis 500 sec liegen, jedoch vorzugsweise in einem Bereich von 10 sec bis 60 sec und insbesondere vorzugsweise in einem Bereich von 20 sec bis 40 sec.
70. Verfahren zum Steuern eines Drehmoment-Übertragungssystems nach Anspruch 64, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitkonstante von dem Betriebspunkt abhängig ist.
71. Verfahren zum Steuern eines Drehmoment-Übertragungssystems nach Anspruch 64, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitkonstante in verschiedenen Betriebsbereichen unterschiedlich gewählt oder bestimmt wird.
72. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 50 bis 71, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kompensation und/oder Korrektur von meßbaren Störgrößen durch Adaption der inversen Übertragungsfunktion der Übertragungseinheit mit Stellglied durchgeführt wird.
73. Verfahren, insbesondere nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß indirekt meßbare Störgrößen, wie insbesondere die Alterung und Streuung von einzelnen Bauteilen des Drehmoment-Übertragungssystems, dadurch erfaßt werden, daß einige Kenngrößen des Drehmoment-Übertragungssystem überwacht sowie in Abhängigkeit von dieser Überwachung die tatsächlich gestörten Parameter erkannt und korrigiert werden und/oder in Form von Programmodulen zuschaltbare virtuellen Störquellen eingesetzt werden, um den Einfluß der Störgrößen zu korrigieren und/oder zu kompensieren.
74. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Störungen aus nicht meßbaren Einflußgrößen, wie Streuung einzelner Bauteile oder Alterung durch Abweichungen von Zustandsgrößen des Systems detektiert werden.
75. Verfahren, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Störungen, wie Streuungen oder Alterung oder andere nicht meßbare Einflußgrößen nicht aus meßbaren Eingangsgrößen detektiert werden und nur durch Beobachtung von Systemreaktionen erkannt werden.
76. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 73 bis 75, dadurch gekennzeichnet, daß die Abweichungen von Zustandsgrößen und/oder Beobachtungen von Systemreaktionen direkt gemessen werden und/oder aus anderen Meßgrößen in einem Prozeßmodell berechnet werden.
77. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 76, dadurch gekennzeichnet, daß die Erkennung von Abweichungen aus berechneten Prozeßmodellen unter Zuhilfenahme von Referenzkennfeldern und/oder eindeutigen Referenzkenngrößen des Systemes durchgeführt wird.
78. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 73 bis 77, dadurch gekennzeichnet, daß zur Korrektur und/oder Kompensation einer erkannten Störung aus nicht meßbaren Eingangsgrößen eine Störquelle lokalisiert wird und/oder eine Störquelle festgelegt wird und die Abweichungen an diesen Störquellen korrigiert und/oder kompensiert werden.
79. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der Ansprüche 73 bis 78, dadurch gekennzeichnet, daß zur Korrektur und/oder Kompensation einer erkannten Störung eine fiktive Störquelle festgelegt wird, welche nicht ursächlich für die Störung verantwortlich sein muß, an welcher die detektierte Abweichung korrigiert wird.
80. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 78 oder 79, dadurch gekennzeichnet, daß die festgelegte Störquelle ein real vorhandener Funktionsblock ist.
81. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 78 oder 79, dadurch gekennzeichnet, daß die festgelegte Störquelle unter Erhaltung der korrigierenden Wirkung ein virtuelles Störmodell ist.
82. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der Ansprüche 73 bis 81, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeitverlauf des Kupplungs-Ist-Moments überwacht und dahingehend analysiert wird, ob Aussagen über die Fehlerart und/oder die Erkennung der Störquelle und/oder die Lokalisierung der Störquelle getroffen werden können.
83. Verfahren nach mindestens einem der bisherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die adaptive Korrektur der Störgrößen permanent durchgeführt wird.
84. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die adaptive Korrektur der Störgrößen nur in bestimmten Betriebspunkten und/oder bestimmten Betriebsbereichen und/oder Zeitbereichen durchgeführt wird.
85. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Adaption auch aktiv sein kann, wenn die Steuerung inaktiv ist.
86. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Adaption in speziellen Betriebsbereichen, wie insbesondere bei starker Beschleunigung, nicht

durchgeführt wird.

87. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 86, dadurch gekennzeichnet, daß in den Betriebsbereichen der inaktiven Adaption die Korrekturwerte der Störgrößen angewendet werden, die in zuvor ermittelten Betriebsbereichen der aktiven Adaption ermittelt wurden.

88. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 86 oder 87, dadurch gekennzeichnet, daß in den Betriebsbereichen der inaktiven Adaption die Korrekturwerte der Störgrößen angewendet werden, die aus Korrekturwerten aus zuvor ermittelten Betriebsbereichen aktiver Adaption extrapoliert werden.

89. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der Ansprüche 73 bis 88, dadurch gekennzeichnet, daß virtuelle Störmodelle und/oder virtuelle Störquellen für den Bereich des Motormomentes und/oder für den Bereich des Netto-Motormomentes nach Berücksichtigung der Nebenverbraucher und/oder für das Kupplungssollmoment adaptiert werden.

90. Verfahren, insbesondere nach mindestens einem der Ansprüche 73 bis 89, dadurch gekennzeichnet, daß die inverse Übertragungsfunktion der Übertragungseinheit mit Stellglied als virtuelle Störquelle eingesetzt oder angewendet wird.

91. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Motorkennfeld als virtuelle Störquelle verwendet wird.

92. Verfahren, insbesondere nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß virtuelle Störquellen dazu eingesetzt werden, Störgrößen zu definieren, deren originäre Ursachen nicht lokalisierbar sind, wie z. B. Streuungen im Bereich der Herstellungstoleranzen der einzelnen Bauteile.

93. Steuerverfahren, insbesondere für ein Drehmomentübertragungssystem mit oder ohne Leistungsverzweigung, bei dem das von einer An- auf eine Abtriebsseite des Drehmoment-Übertragungssystems übertragbare Kupplungsmoment als Steuergröße benutzt und diese Steuergröße mittels eines Stellglieds, dem eine vom übertragbaren Kupplungsmoment funktional abhängige Stellgröße vorgegeben wird, derart angesteuert wird, daß das übertragbare Kupplungsmoment stets innerhalb eines vorgebbaren Toleranzbandes um die Rutschgrenze liegt, wobei diese Rutschgrenze genau dann erreicht ist, wenn die Wirkung eines antriebsseitig anstehenden Drehmomentes das von den drehmomentübertragenden Teilen übertragbare Kupplungsmoment übersteigt.

94. Steuerverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Stellglied als Stellgröße ein Wert vorgegeben wird, der dem übertragbaren Kupplungsmoment zwischen den drehmomentübertragenden Teilen des Drehmoment-Übertragungssystems entspricht.

95. Steuerverfahren, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellgröße in Abhängigkeit von einem übertragbaren Kupplungsmoment bestimmt wird und daß zur Berechnung dieses übertragbaren Kupplungsmomentes eine Differenz aus einem Antriebsmomentenwert und einer Korrekturgröße gebildet wird, wobei diese Korrekturgröße in Abhängigkeit von wenigstens einer Zustandsgröße des Drehmomenten-Übertragungssystems erhöht oder reduziert wird.

96. Steuerverfahren, insbesondere nach Anspruch 95, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturgröße in Abhängigkeit von einer Schlupf- oder Differenzdrehzahl zwischen einer An- und Abtriebsdrehzahl bestimmt wird, wobei die Korrekturgröße erhöht wird, solange die Schlupfdrehzahl unterhalb eines vorgebbaren Schlupfgrenzwertes liegt, und die Korrekturgröße reduziert wird, solange die Schlupfdrehzahl oberhalb dieses oder eines anderen vorgebbaren Schlupfgrenzwertes liegt.

97. Steuerverfahren, insbesondere nach Anspruch 96, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturgröße inkrementell erhöht wird, solange die Schlupfdrehzahl unterhalb des einen Schlupfgrenzwertes liegt, und die Korrekturgröße stufenweise reduziert wird, solange die Schlupfdrehzahl oberhalb des einen oder des anderen Schlupfgrenzwertes liegt, wobei zwischen den jeweiligen Stufen Haltephasen von einstellbarer Dauer liegen, innerhalb derer die Korrekturgröße konstant auf dem jeweils zu Beginn der Haltephase eingestellten Wert gehalten wird.

98. Steuerverfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 95 bis 97, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeiten, in denen die Antriebsdrehzahl die Abtriebsdrehzahl um eine definierte Schlupfdrehzahl übersteigt als Schlupfphase erkannt und daß jeweils nach Beendigung der Schlupfphase die Korrekturgröße auf einen definierten Wert gesetzt wird.

99. Steuerverfahren, insbesondere nach Anspruch 98, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeiten, in denen die Antriebsdrehzahl die Abtriebsdrehzahl um eine definierte Schlupfdrehzahl übersteigt, als Schlupfphasen erkannt werden und daß jeweils die Korrekturgröße, bei der die Schlupfdrehzahl ihren maximalen Wert annimmt, in einem Zwischenspeicher abgespeichert und jeweils nach Beendigung einer Schlupfphase die aktuelle Korrekturgröße durch die abgespeicherte Korrekturgröße ersetzt wird.

100. Steuerverfahren nach einem der Ansprüche 95 bis 99, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturgröße jeweils nach Beendigung einer Schlupfphase für eine festlegbare Zeitdauer auf ihrem jeweiligen Wert konstant gehalten wird.

101. Steuerverfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 95 bis 100, dadurch gekennzeichnet, daß dem Stellglied ein Vorgabewert in Abhängigkeit von einem Kennfeld bzw. einer Kennlinie vorgegeben wird, das den Bereich aller möglichen übertragbaren Kupplungsmomente umfaßt und wenigstens einen Teilbereich aufweist, innerhalb dessen allen übertragbaren Kupplungsmomenten jeweils nur ein Vorgabewert für das Stellglied zugeordnet ist.

102. Steuerverfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 95 bis 101, dadurch gekennzeichnet, daß zur Berechnung des übertragbaren Kupplungsmomentes eine Differenz aus einem Antriebsmomentenwert und der Korrekturgröße gebildet wird und daß diese Differenz um einen schlupfabhängigen Momentenwert vergrößert wird.

103. Steuerverfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 95 bis 102, dadurch gekennzeichnet, daß der

Anstieg des Ist-Kupplungsmomentes in Form einer Gradientenbegrenzung dadurch begrenzt ist, daß jeweils der aktuelle Wert des übertragbaren Kupplungsmomentes mit einem Vergleichsmomentenwert verglichen wird, der aus einem zuvor ermittelten übertragbaren Kupplungsmomentenwert und einem additiven festlegbaren Begrenzungswert besteht, und daß in Abhängigkeit von diesem Vergleich der jeweils kleinere Momentenwert dem Stellglied als neue Vorgabe vorgegeben wird.

104. Steuerverfahren, insbesondere nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß von einem auf der Antriebsseite des Drehmomenten-Übertragungssystems angeordneten Verbrennungsmotor mehrere Zustandsgrößen, wie z. B. die Motordrehzahl, der Drosselklappenwinkel und/oder der Ansaugdruck, erfaßt werden und daß aus diesen Zustandsgrößen mittels abgespeicherter Kennlinienfelder das Antriebsmoment des Verbrennungsmotors ermittelt wird.

105. Steuerverfahren, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche 95 bis 99, dadurch gekennzeichnet, daß etwaige zwischen dem Antrieb und dem Drehmomenten-Übertragungssystem liegende Leistungsverzweigungen zumindest teilweise und/oder zumindest zeitweilig überwacht und die daraus resultierenden Meßgrößen zur Berechnung des tatsächlich auf der Antriebsseite des Drehmomenten-Übertragungssystems anstehenden Antriebsmomentes herangezogen werden.

106. Steuerverfahren, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche 95 bis 99, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils ein Anteilsfaktor entsprechender Teil des Antriebsmomentes zur Berechnung des übertragbaren Kupplungsmomentes verwendet wird und daß dieser Anteilsfaktor jeweils anhand abgespeicherter Kennlinienfelder bestimmt wird.

107. Steuerverfahren, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Drehmomenten-Übertragungssystemen ohne Leistungsverzweigung eine derartige Leistungsverzweigung durch ein unterlagertes Steuerprogramm nachgebildet wird.

108. Steuerverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß meßbare Störgrößen, wie insbesondere Temperaturen und/oder Drehzahlen, erfaßt werden und durch eine Parameteradaption und/oder durch eine Systemadaption zumindest teilweise kompensiert werden.

109. Steuerverfahren, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß indirekt meßbare Störgrößen des Steuerverfahrens, wie insbesondere die Alterung und Streuung von einzelnen Bauteilen des Drehmomenten-Übertragungssystems, dadurch erfaßt werden, daß einige Zustandsgrößen des Drehmomentenübertragungssystems überwacht sowie in Abhängigkeit von dieser Überwachung die tatsächlich gestörten Parameter erkannt und korrigiert werden und/oder in Form von Programmodulen zuschaltbare virtuelle Störquellen eingesetzt werden, um den Einfluß der Störgrößen zu korrigieren und/oder zu kompensieren.

110. Steuerverfahren, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein erstes Einrücken der Kupplung erst nach Überprüfung einer Benutzerlegitimation ermöglicht wird.

111. Steuerverfahren, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Benutzerdisplay in Abhängigkeit vom Status des Steuerverfahrens derart angesteuert wird, daß eine Schaltempfehlung für den Benutzer gegeben wird.

112. Steuerverfahren, insbesondere nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Standphasen, insbesondere eines Fahrzeuges, durch Überwachung signifikanter Betriebsgrößen, wie Gaspedal- und/oder Schaltgestängestellung und/oder Tachodrehzahl, erkannt werden und beim Überschreiten einer definierten Zeitdauer die Antriebseinheit stillgesetzt sowie bei Bedarf wieder gestartet wird.

113. Steuerverfahren, insbesondere nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Betriebsphasen des Drehmomenten-Übertragungssystems mit minimaler oder ohne Lastabnahme als Freilaufphasen erkannt werden und innerhalb dieser Freilaufphasen die Kupplung geöffnet sowie nach Beendigung der Freilaufphase die Kupplung wieder geschlossen wird.

114. Verwendung des Steuerverfahrens, insbesondere nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche zur Unterstützung eines Antiblockiersystems, dadurch gekennzeichnet, daß bei Ansprechen des ABS-Systems die Kupplung vollständig ausgerückt wird.

115. Verwendung des Steuerverfahrens, insbesondere nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche zur Unterstützung einer Antischlupfregelung, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellglied in bestimmten Betriebsbereichen nach Vorgabe der Antischlupfregelung angesteuert wird.

116. Drehmomenten-Übertragungssystem zur Übertragung von Drehmomenten von einer An- auf eine Abtriebsseite, bei dem auf der Antriebsseite eine Brennkraftmaschine und auf der Abtriebsseite ein Getriebe angeordnet ist, und das Drehmomenten-Übertragungssystem eine Kupplung ein Stellglied und ein Steuergerät aufweist.

117. Drehmomenten-Übertragungssystem zur Übertragung von Drehmomenten von einer An- auf eine Abtriebsseite, bei dem das Drehmoment-Übertragungssystem abtriebsseitig im Kraftfluß einer Antriebseinheit wie Brennkraftmaschine, und im Kraftfluß einer übersetzungsveränderlichen Einrichtung vor- oder nachgeschaltet ist und das Drehmomenten-Übertragungssystem eine Kupplung und/oder ein Drehmomentwandler mit Überbrückungskupplung und/oder eine Anfahrkupplung und/oder eine Wendesatzkupplung und/oder eine das übertragbare Drehmoment begrenzende Sicherheitskupplung, ein Stellglied und ein Steuergerät aufweist.

118. Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach Anspruch 116 oder 117, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung selbsteinstellend ist.

119. Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach Anspruch 116 oder 117, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung selbsttätig den Verschleiß der Reibbeläge nachstellt.

120. Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 116 bis 119, dadurch

gekennzeichnet, daß zur Übertragung von Drehmomenten von einer An- auf eine Abtriebsseite, das Drehmoment-Übertragungssystem eine Kupplung, ein Stellglied und ein Steuergerät aufweist, wobei die Kupplung mit dem Stellglied über eine Hydraulikleitung, die einen Kupplungsnehmerzylinder aufweist, in Wirkverbindung steht und das Stellglied von dem Steuergerät angesteuert wird.

121. Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 116 bis 119, dadurch gekennzeichnet, daß zur Übertragung von Drehmomenten von einer An- auf eine Abtriebsseite, bei dem auf der Antriebsseite eine Verbrennungsmaschine und auf der Abtriebsseite ein Getriebe angeordnet ist und das Drehmomentübertragungssystem eine Kupplung, ein Stellglied und ein Steuergerät aufweist, wobei die Kupplung mit dem Stellglied über eine Hydraulikleitung, die einen Kupplungsnehmerzylinder aufweist, in Wirkverbindung steht und das Stellglied von dem Steuergerät angesteuert wird.

122. Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach mindestens einem der Ansprüche 116 bis 121, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellglied einen Elektromotor aufweist, der über einen Exzenter auf einen hydraulischen Geberzylinder wirkt, der an die mit der Kupplung verbundenen Hydraulikleitung angeschlossen ist, und daß ein Kupplungswegsensor im Gehäuse des Stellgliedes angeordnet ist.

123. Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach Anspruch 122, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor, der Exzenter, der Geberzylinder, der Kupplungswegsensor und die erforderliche Steuer- und Leistungselektronik innerhalb eines Gehäuses des Stellgliedes angeordnet sind.

124. Drehmoment-Übertragungssystem nach Anspruch 123, dadurch gekennzeichnet, daß die Achsen des Elektromotors und des Geberzylinders parallel zueinander verlaufen.

125. Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach Anspruch 124, dadurch gekennzeichnet, daß die Achsen des Elektromotors und des Geberzylinders parallel zueinander verlaufend in zwei verschiedenen Ebenen angeordnet sind und über den Exzenter in Wirkverbindung stehen.

126. Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach Anspruch 124, dadurch gekennzeichnet, daß die Achse des Elektromotors parallel zu einer Ebene verläuft, die im wesentlichen von der Platine der Steuer- und Leistungselektronik gebildet wird.

127. Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 124 bis 126, dadurch gekennzeichnet, daß im Gehäuse des Stellgliedes eine Feder konzentrisch zur Achse des Geberzylinders angeordnet ist.

128. Drehmoment-Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 124 bis 126, dadurch gekennzeichnet, daß im Gehäuse des Geberzylinders eine Feder konzentrisch zur Achse des Geberzylinders angeordnet ist.

129. Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach Anspruch 127 oder 128, dadurch gekennzeichnet, daß eine Federkennlinie der Feder derart abgestimmt ist, daß die vom Elektromotor zum Aus- und Einrücken der Kupplung aufzuwendende maximale Kraft in Zug- und Druckrichtung annähernd gleich groß ist.

130. Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach Anspruch 129, dadurch gekennzeichnet, daß die Federkennlinie der Feder so ausgelegt ist, daß der resultierende Kraftverlauf, der auf die Kupplung wirkenden Kräfte über den Aus- und Einrückvorgang der Kupplung linearisiert ist.

131. Drehmoment-Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 116 bis 130, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor mit einer Motorabtriebswelle über eine Schnecke auf ein Segmentrad wirkt und an diesem Segmentrad eine Schubkurbel angebracht ist, die über eine Kolbenstange mit dem Kolben des Geberzylinders derart in Wirkverbindung steht, daß Zug- und Druckkräfte übertragbar sind.

132. Drehmoment-Übertragungssystem nach Anspruch 131, dadurch gekennzeichnet, daß die Schnecke mit dem Segmentrad ein selbsthemmendes Getriebe bildet.

133. Überwachungsverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem mit einem manuell schaltbaren Getriebe, bei dem relevante Schalthebelstellungen und ein Antriebsmoment einer antriebsseitigen Antriebseinheit mit einer Sensorik erfaßt sowie jeweils wenigstens ein entsprechendes Schalthebelsignal und wenigstens ein Vergleichssignal aufgezeichnet und verschiedene mögliche Charakteristiken dieser Signalverläufe erkannt und als Schaltabsicht identifiziert werden und anschließend ein Schaltabsichtssignal an ein nachgeordnetes Kupplungsbetätigungssystem gegeben wird.

134. Überwachungsverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach Anspruch 133, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Schalthebelsignalverlauf zur Gangerkennung ausgewertet wird und diese Information zur Identifikation einer Schaltabsicht benutzt wird.

135. Überwachungsverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach Anspruch 133 und/oder 134, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schalthebelsignal und ein Vergleichssignal derart ausgewertet werden, daß Kreuzungspunkte dieser Signalverläufe erkannt werden und anschließend ein Schaltabsichtssignal an ein nachgeordnetes Kupplungsbetätigungssystem gegeben wird.

136. Überwachungsverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 133 bis 135, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem Schaltgetriebe ein Wahlweg zwischen den Schaltgassen und ein Schaltweg innerhalb der Schaltgassen unterschieden werden, wobei zur Bestimmung der relevanten Schalthebelstellung der Schaltweg und/oder der Wahlweg erfaßt wird.

137. Überwachungsverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 133 bis 136, dadurch gekennzeichnet, daß das Vergleichssignal aus dem Schalthebelsignal ermittelt oder gebildet wird, wobei das Schalthebelsignal gefiltert, das dadurch erzeugte Filtersignal um einen Konstantwert und um ein dem jeweiligen Antriebsmoment proportionales Off-Set-Signal erhöht oder reduziert und das so erhaltene Summensignal als Vergleichssignal ausgewertet wird.

138. Überwachungsverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach mindestens einem der Ansprüche 133 bis 137, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils, sobald bei der Auswertung der beiden Signalverläufe des Schalthebelsignals und des Vergleichssignals einen Kreuzungspunkt detektiert

wird, einen Schaltabsichtszähler auf einen definierten Wert gesetzt und in Abhängigkeit von einem Rechnetakt hochgezählt wird und daß an ein nachgeordnetes Kupplungsbetätigungssystem ein Schaltabsichtssignal übermittelt wird, wenn der Schaltabsichtszähler einen definierten Zählwert erreicht hat, wobei das Hochzählen des Schaltabsichtszählers durch ein Kontrollsignal gestoppt werden kann.

139. Überwachungsverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem nach Anspruch 137 und/oder 138, dadurch gekennzeichnet, daß das Schalthebelsignal zur Bildung des Filtersignals mit einer einstellbaren Verzögerungszeit gefiltert werden kann.

140. Überwachungsverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem nach Anspruch 137 und/oder 138, dadurch gekennzeichnet, daß das Schalthebelsignal zur Bildung des Filtersignals mit einem Filter mit  $PT_1$ -Verhalten verarbeitet werden kann.

141. Überwachungsverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 133 bis 140, dadurch gekennzeichnet, daß das Schalthebelsignal überwacht und eine Schaltungswegänderung innerhalb eines definierten Teilbereiches des Schalthebelweges jeweils innerhalb einer festlegbaren Meßperiode derart ausgewertet wird, daß bei unterschreiten einer festlegbaren Schaltungswegänderungsschwelle ein Schaltabsichtssignal an nachgeordnete Einrichtungen übermittelt wird.

142. Überwachungsverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem nach Anspruch 141, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßperiode derart festgelegt wird, daß sie stets deutlich größer ist als eine halbe Schwingungsperiode des im Fahrbetrieb nicht betätigten Schalthebels.

143. Überwachungsverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach Anspruch 141 und/oder Anspruch 142, dadurch gekennzeichnet, daß der definierte Teilbereich des Schalthebelweges außerhalb der Schalthebelwegbereiche liegt, innerhalb derer sich der nicht betätigte Schalthebel im Fahrbetrieb bewegt.

144. Überwachungsverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 141 bis 143, dadurch gekennzeichnet, daß die Dauer der Meßperiode in Abhängigkeit von einer Mittelwertbildung der Schalthebelerschwingungsperiode festgelegt wird.

145. Überwachungsverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach Anspruch 144, dadurch gekennzeichnet, daß erfaßt wird, ob der Schalthebel im Fahrbetrieb frei schwingt oder, insbesondere durch Handauflegen, ein demgegenüber verändertes Schwingungsverhalten aufweist, und daß die Mittelwertbildung zur Bestimmung der Dauer der Meßperiode in Abhängigkeit von den Ergebnissen dieser Überwachung erfolgt.

146. Überwachungsverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche 141 bis 145, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungsrichtung des Schalthebels ermittelt und bei Umkehr dieser Bewegungsrichtung ein Kontrollsignal an den Schaltabsichtszähler gegeben und/oder ein etwaig gegebenes Schaltabsichtssignal zurückgenommen wird.

147. Steuerverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 127 bis 132, dadurch gekennzeichnet, daß der Konstantwert zur Bildung des Vergleichssignals in Abhängigkeit von der betriebstypischen Schwingungsamplitude des nicht betätigten Schalthebels des Drehmoment-Übertragungssystems gewählt wird.

148. Steuerverfahren nach Anspruch 139, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzögerungszeit mit der das Filtersignal gebildet wird auf die Schwingungsfrequenz des im Fahrbetrieb nicht betätigten Schalthebels abgestimmt wird.

149. Steuerverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche 133 bis 140, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebslast überwacht wird und daß beim Überschreiten einer festlegbaren Antriebslast ein Kontrollsignal an den Schaltabsichtszähler weitergeleitet wird.

150. Steuerverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem nach Anspruch 137, dadurch gekennzeichnet, daß das Off-Set-Signal in Abhängigkeit von dem jeweiligen Drosselklappenwinkel einer als Antriebseinheit eingesetzten Verbrennungsmaschine eingestellt wird.

151. Steuerverfahren für ein Drehmoment-Übertragungssystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 133 bis 150, dadurch gekennzeichnet, daß der Schalt- und der Wahlweg des Schalthebels von je einem Potentiometer erfaßt werden.

152. Verfahren zum Steuern eines Drehmoment-Übertragungssystems mit einer Einrichtung zum Ansteuern des Drehmoment-Übertragungssystems, das Drehmomentübertragungssystem ist im Kraftfluß einer Antriebseinheit nachgeordnet und einer übersetzungsveränderlichen Einrichtung im Kraftfluß vor- und/oder nachgeordnet, die übersetzungsveränderliche Einrichtung ist mit einem Umschlingungsmittel versehen, das ein Drehmoment von einem ersten Mittel auf ein zweites Mittel überträgt, wobei das erste Mittel mit einer Getriebeeingangswelle und das zweite Mittel mit einer Getriebeausgangswelle in Wirkverbindung steht, das Umschlingungsmittel mittels einer Anpressung oder Verspannung mit dem ersten und dem zweiten Mittel reibschlüssig verbunden ist, und die Anpressung oder die Verspannung des Umschlingungsmittels in Abhängigkeit des Betriebspunktes gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Drehmoment-Übertragungssystem momentennachgeführt angesteuert wird, mit einem übertragbaren Drehmoment das in jedem Betriebspunkt so dimensioniert ist, daß das Umschlingungsmittel der übersetzungsveränderlichen Einrichtung nicht ins Rutschen kommt.

153. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 152, dadurch gekennzeichnet, daß die Anpressung oder die Verspannung des Umschlingungsmittels in jedem Betriebspunkt in Abhängigkeit von dem anstehenden Drehmoment und/oder der Leistungsverzweigung bezüglich der Nebenverbraucher und einer zusätzlichen Sicherheitstoleranz bestimmt und angestellt wird und das übertragbare Drehmoment des Drehmomentübertragungssystems in Abhängigkeit vom Betriebspunkt gesteuert wird und das von dem Drehmomentübertragungssystem übertragbare Drehmoment bei Drehmomentschwankungen zu einem Rutschen des Drehmomentübertragungssystems führt bevor die Rutschgrenze des Umschlingungsmittels erreicht ist.

154. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 152 oder 153, dadurch gekennzeichnet, daß die Rutschgrenze des Drehmomentübertragungssystems in jedem Betriebspunkt geringer ist oder geringer angesteuert wird als die Rutschgrenze des Umschlingungsmittels der Übersetzungsveränderlichen Einrichtung.
155. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 152 bis 154, dadurch gekennzeichnet, daß das Drehmomentübertragungssystem mit seiner betriebspunktabhängigen Rutschgrenze Drehmomentschwankungen und Drehmomentstöße antriebsseitig und/oder abtriebsseitig isoliert und/oder dämpft und das Umschlingungsmittel vor einem Durchrutschen schützt. 5
156. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 152 bis 154, dadurch gekennzeichnet, daß die Anpressung oder Verspannung des Umschlingungsmittels betriebspunktabhängig erfolgt und zusätzlich zu dem anstehenden Drehmoment eine Sicherheitsreserve berücksichtigt wird, welche aufgrund der Ansteuerung des übertragbaren Drehmoments des Drehmomentübertragungssystems an dieses übertragbare Drehmoment angehöbert und/oder angepaßt werden kann. 10
157. Verfahren nach Anspruch 156, dadurch gekennzeichnet, daß die Sicherheitsreserve der Anpressung oder Verspannung aufgrund des Rutschschutzes des Drehmomentübertragungssystems möglichst gering ausfällt. 15
158. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 152 bis 157, dadurch gekennzeichnet, daß bei Drehmomentenspitzen das Drehmomentübertragungssystem kurzzeitig rutscht oder schlupft.
159. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach zumindest einem der Ansprüche 152 bis 158, dadurch gekennzeichnet, daß die Übersetzungsveränderliche Einrichtung ein stufenlos einstellbares Getriebe ist. 20
160. Vorrichtung nach Anspruch 159, dadurch gekennzeichnet, daß die Übersetzungsveränderliche Einrichtung ein stufenlos einstellbares Kegelscheibenumschlingungsgetriebe ist.
161. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 159 oder 160, dadurch gekennzeichnet, daß das Drehmomentübertragungssystem eine Reibungskupplung, eine Wandlerüberbrückungskupplung, eine Wendesatzkupplung oder eine Sicherheitskupplung ist. 25
162. Vorrichtung nach Anspruch 161, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung eine trocken oder naß laufende Kupplung ist.
163. Vorrichtung nach Anspruch 159, dadurch gekennzeichnet, daß ein das übertragbare Moment ansteuerndes Stellglied vorhanden ist, welches elektrisch und/oder hydraulisch und/oder mechanisch und/oder pneumatisch angesteuert wird oder die Ansteuerung des Stellgliedes aus einer Kombination dieser Merkmale erfolgt. 30
164. Vorrichtung, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung mit zumindest einem Sensor zur Detektion einer Raddrehzahl und einem Mittel zur Detektion der eingelegten Übersetzung eines Getriebes ausgestattet ist, wobei eine zentrale Rechneinheit die Sensorsignale verarbeitet und die Getriebeeingangsdrehzahl berechnet. 35
165. Vorrichtung nach Anspruch 164, dadurch gekennzeichnet, daß die ermittelten Raddrehzahlen gemittelt werden und aus diesem gemittelten Signal mittels der Übersetzungen im Antriebsstrang und mittels der Getriebeübersetzung die Getriebeeingangsdrehzahl bestimmt oder berechnet wird.
166. Vorrichtung, insbesondere nach Anspruch 164 oder 165, dadurch gekennzeichnet, daß ein bis vier, vorzugsweise jedoch 2 oder 4 Sensoren zur Detektion von Raddrehzahlen angebracht sind. 40
167. Vorrichtung nach Anspruch 164 bis 166, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren zur Detektion von Raddrehzahlen mit einem Antiblockiersystem in Signalverbindung stehen oder Bestandteil von diesem Antiblockiersystem sind. 45

Hierzu 30 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

- Leerseite -



Fig.1a

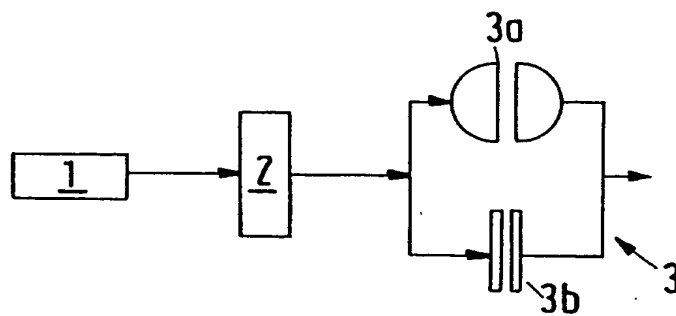


Fig.1b

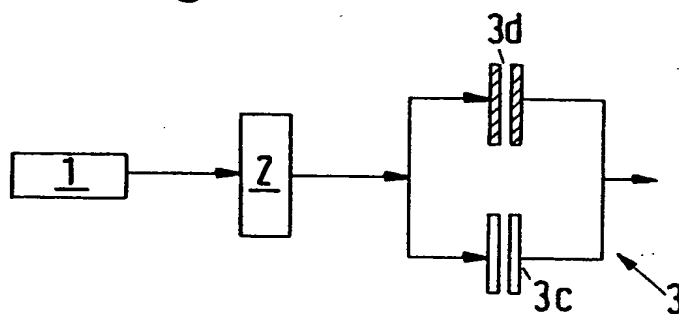


Fig. 2a

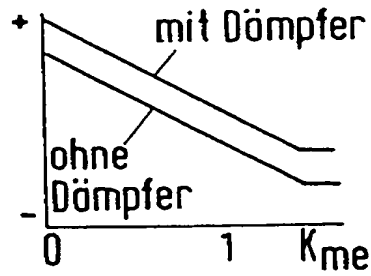


Fig. 2b

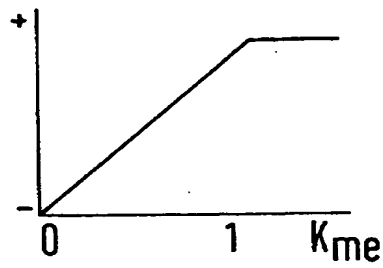


Fig. 2c

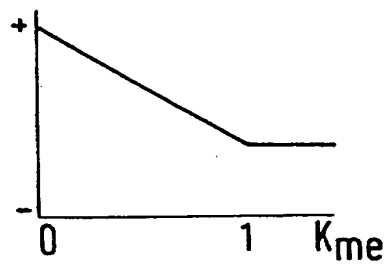


Fig. 2d

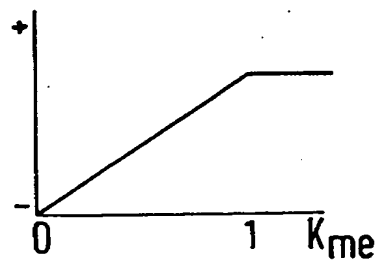


Fig. 2e

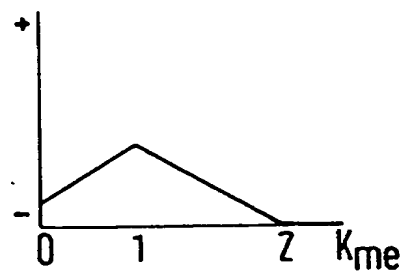


Fig.3

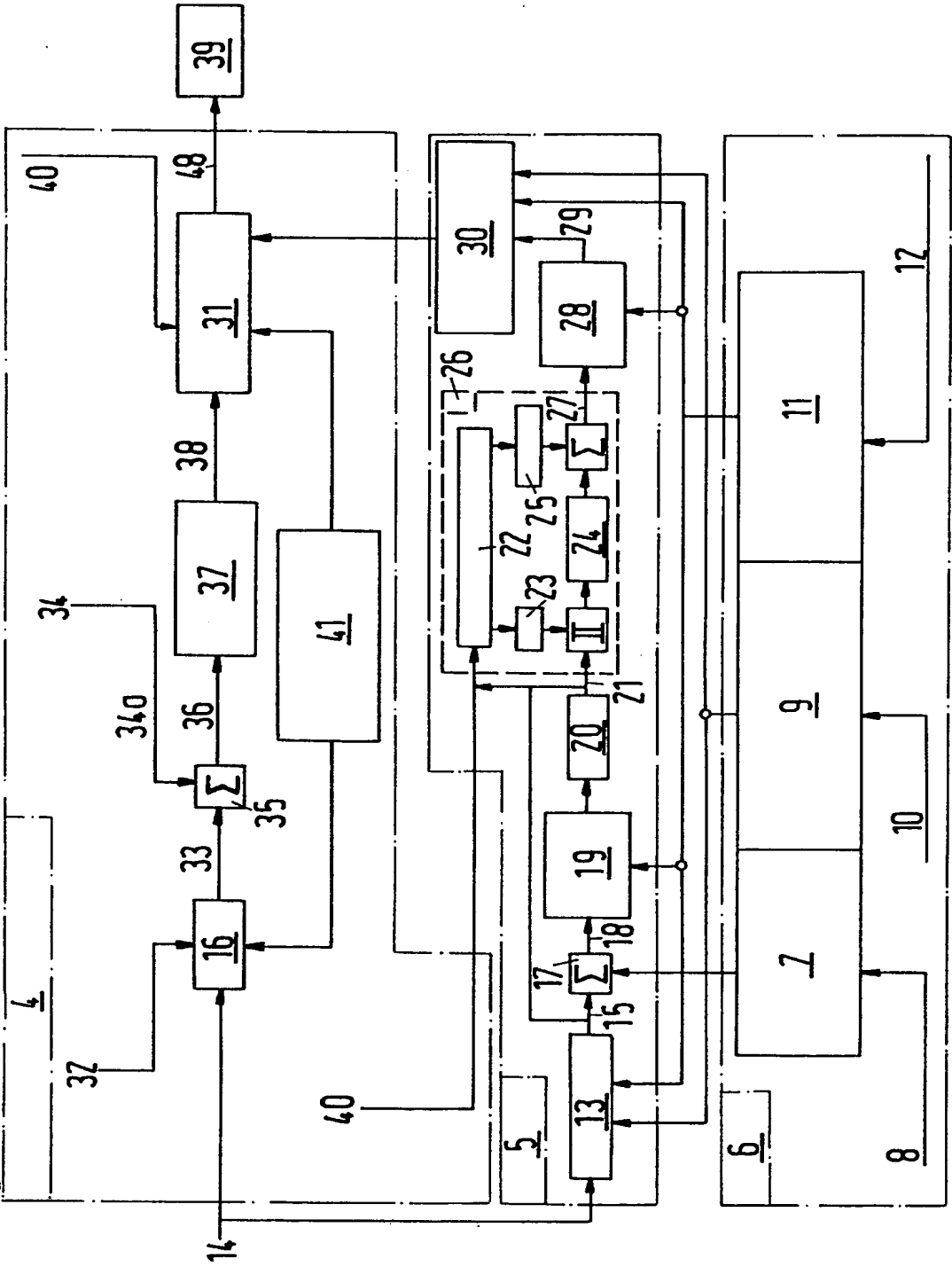


Fig.4

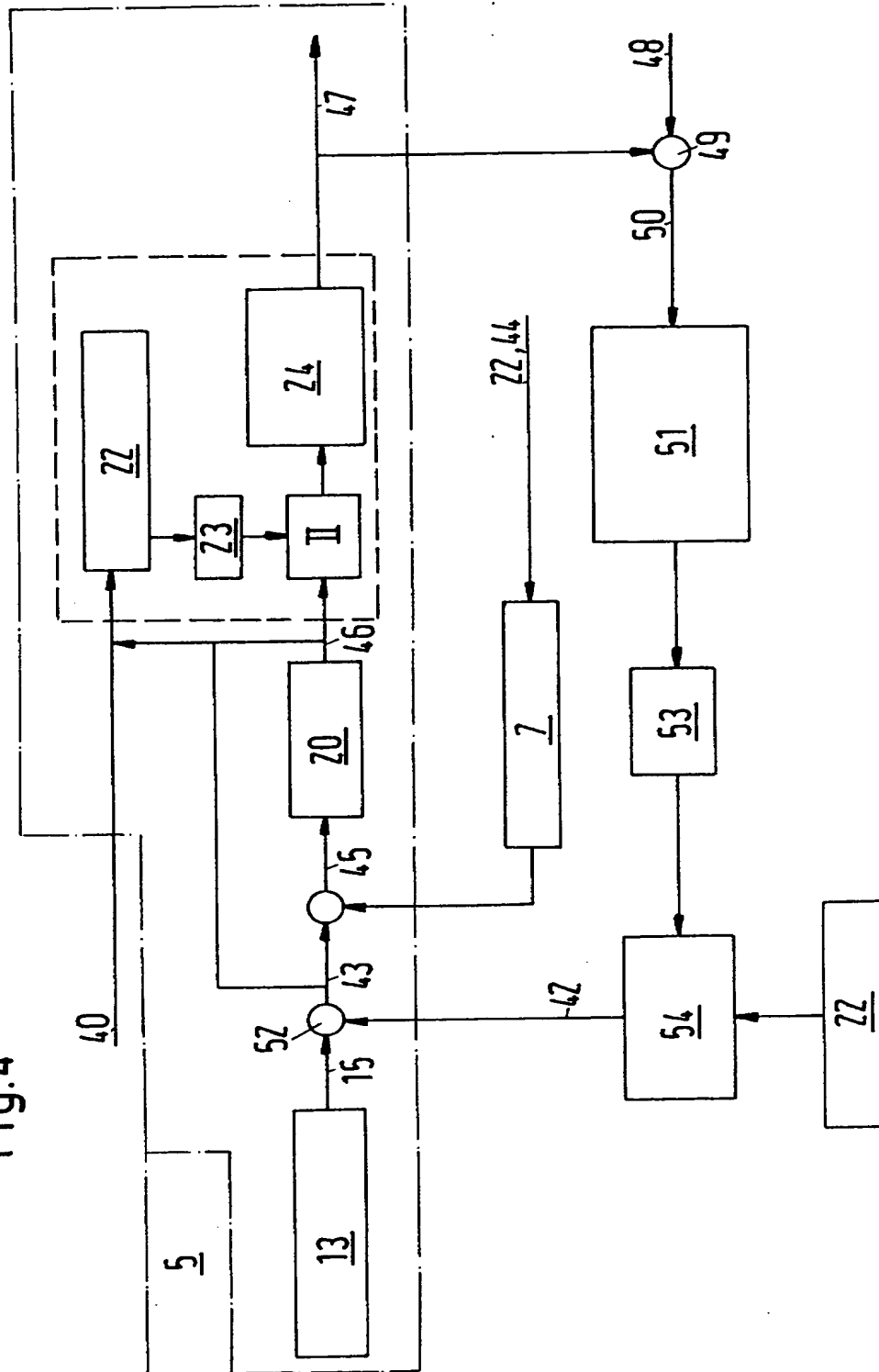


Fig.5a

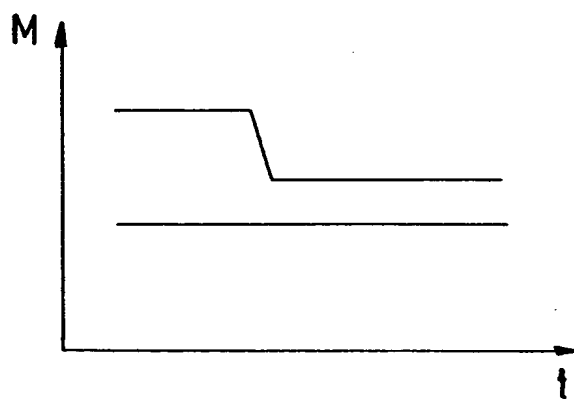


Fig.5b

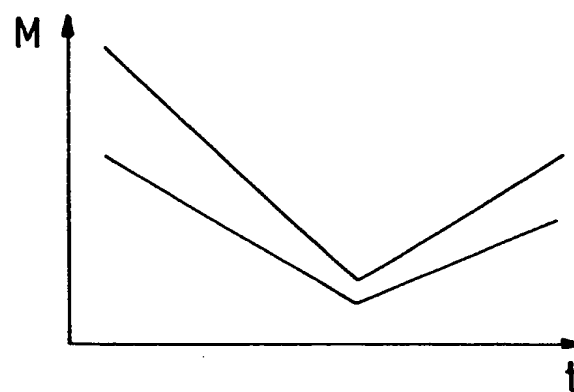


Fig.5c

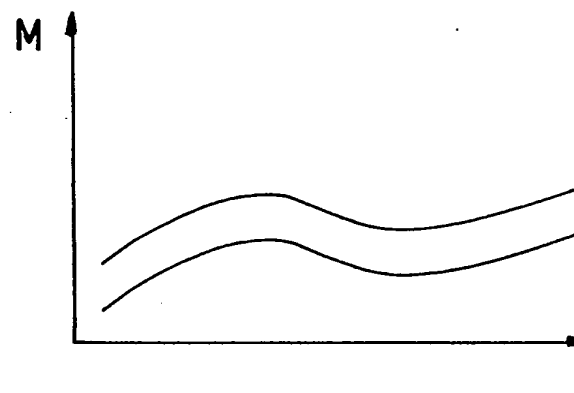


Fig.6

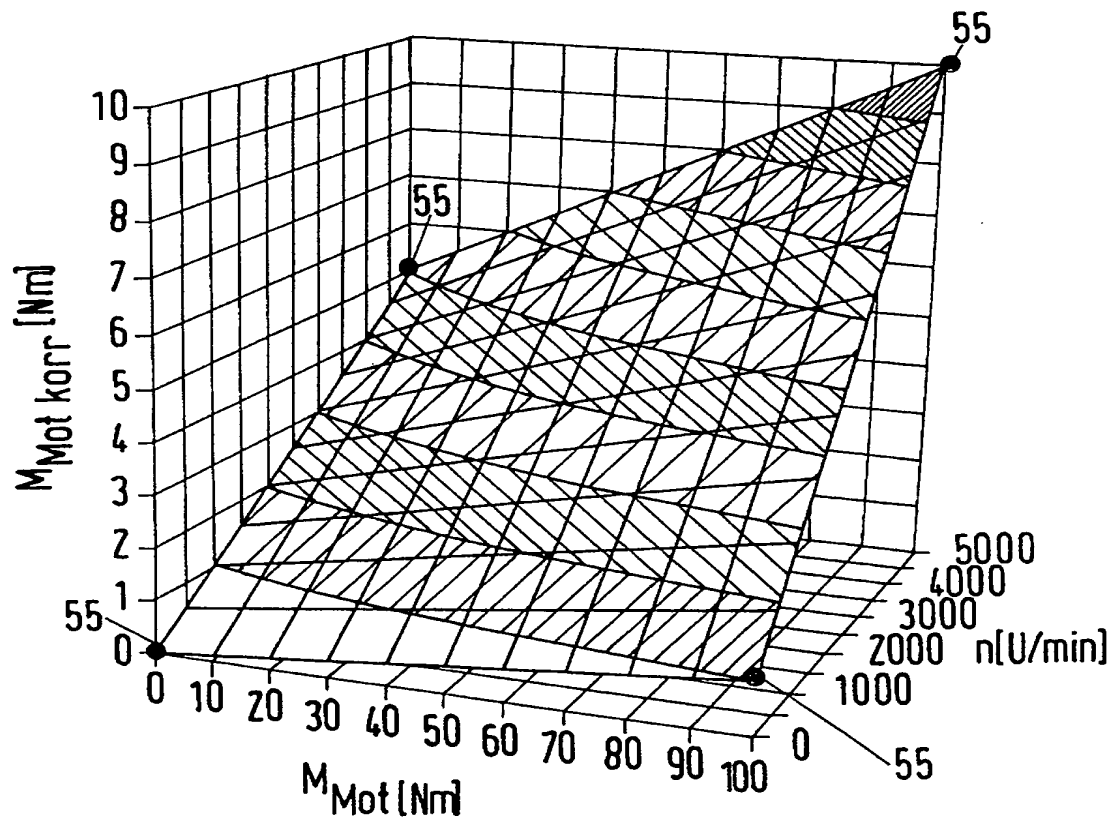


Fig.6a

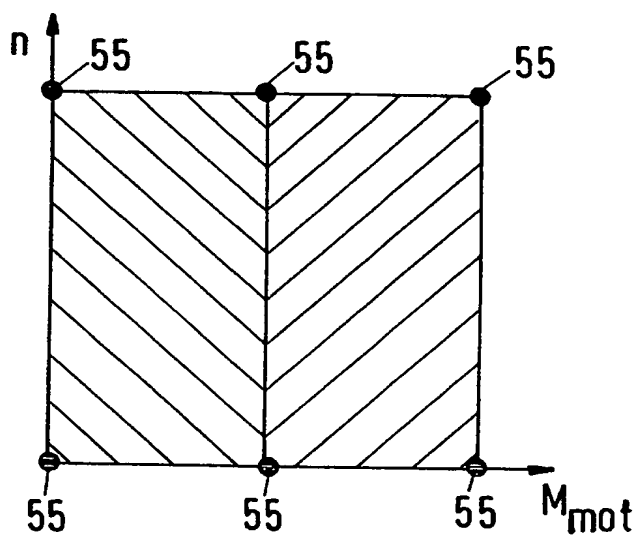


Fig.6b

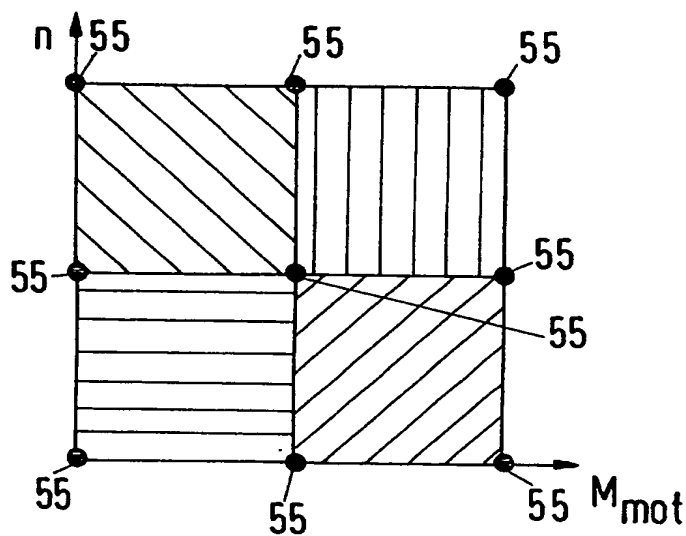


Fig.7

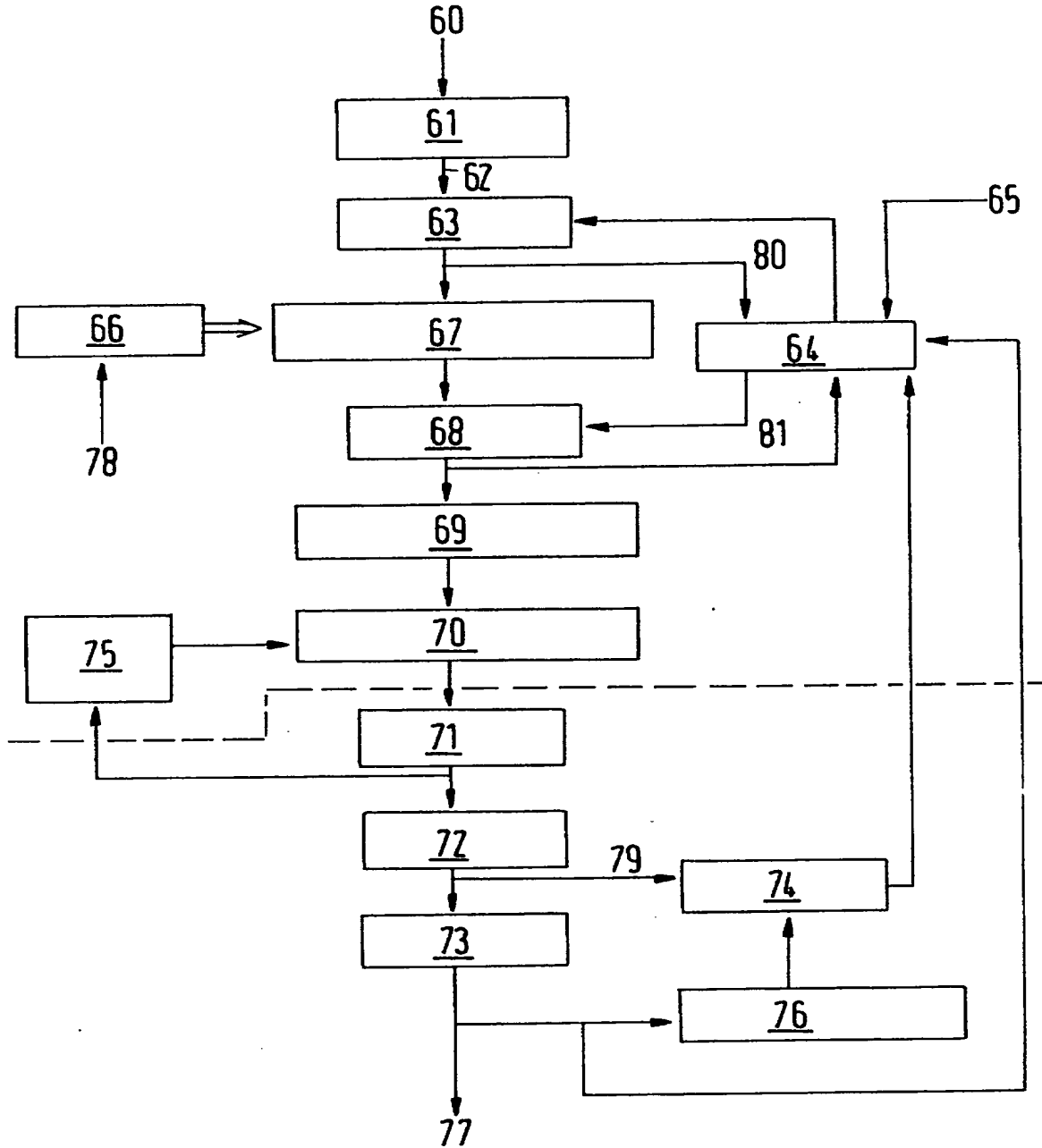




Fig.8

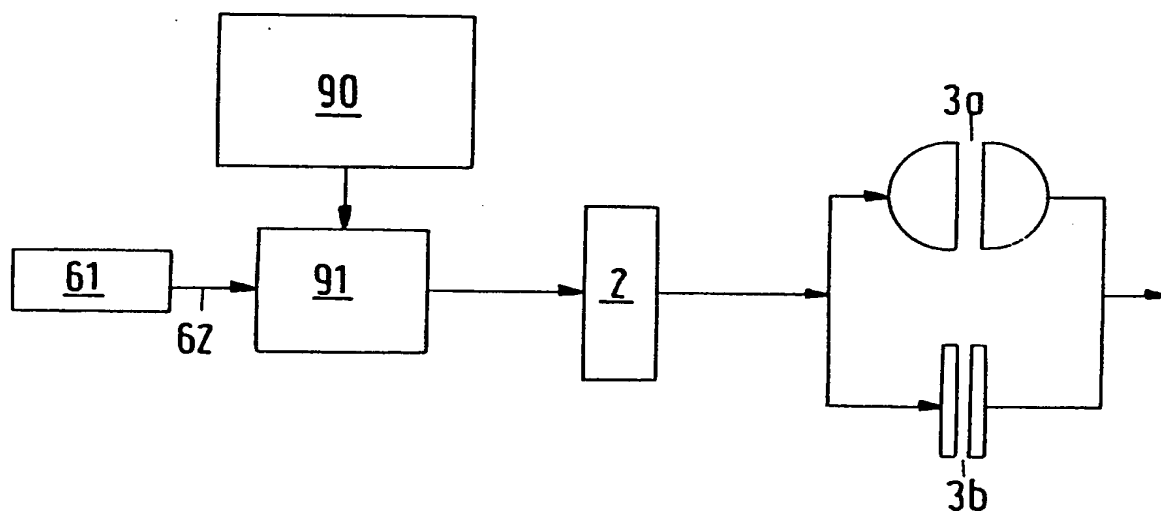


Fig. 9

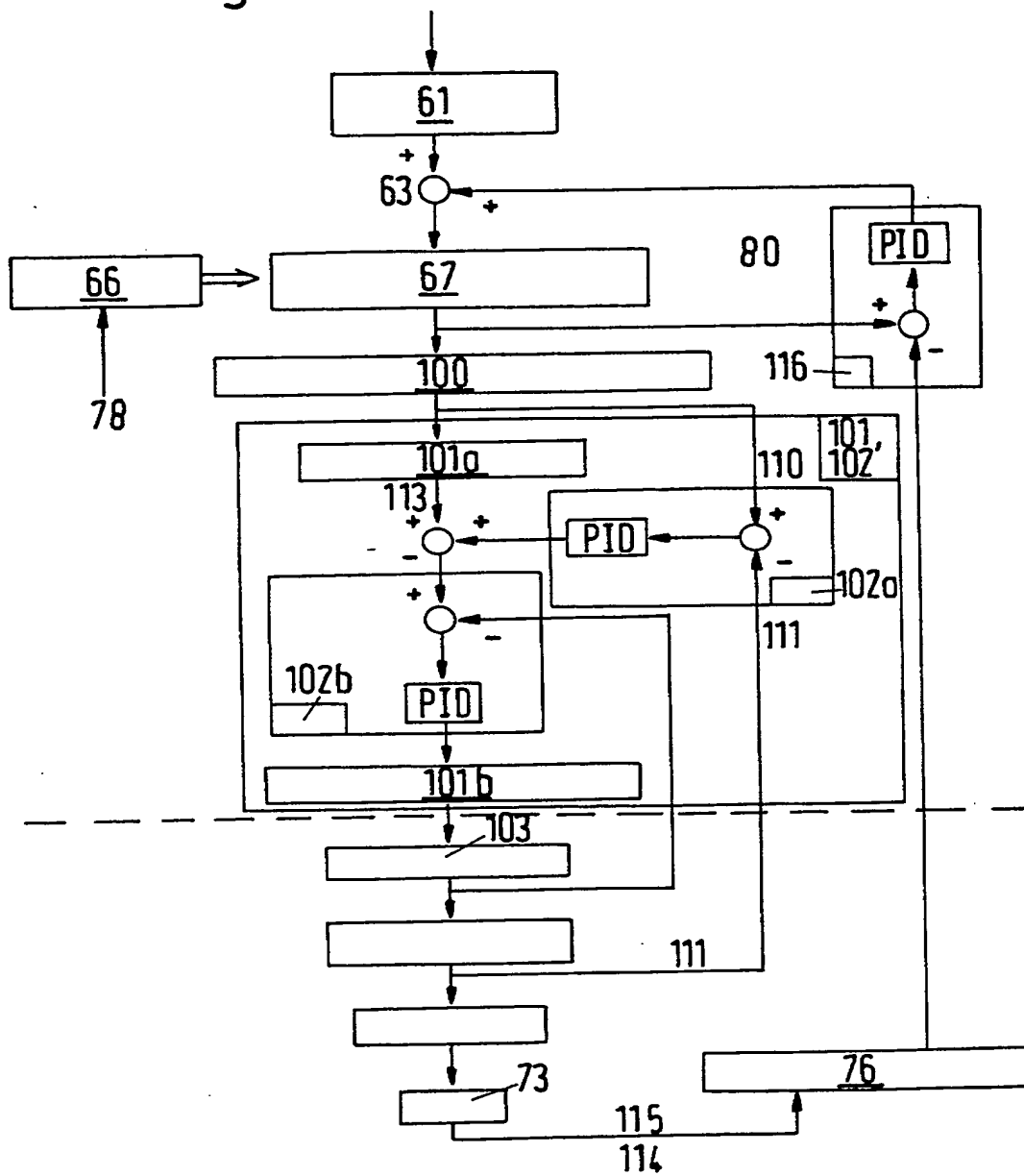


Fig.10

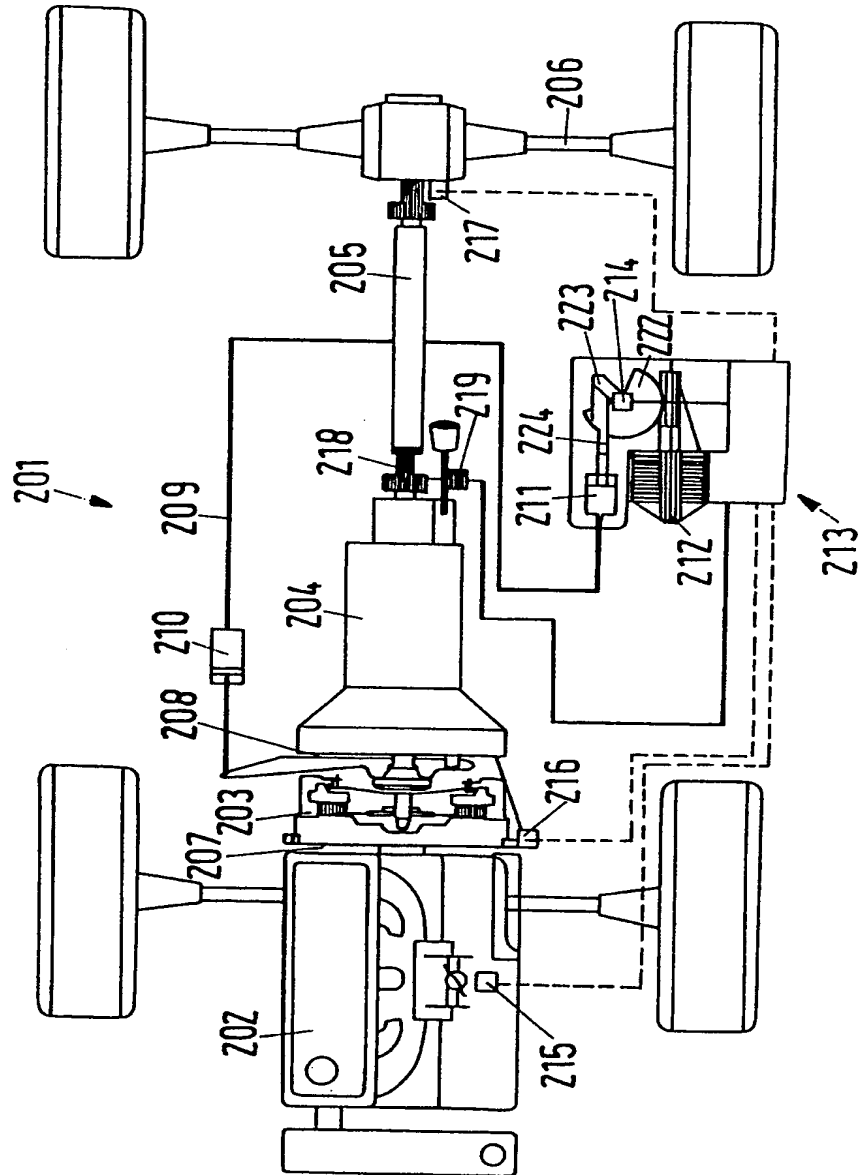


Fig. 11 a

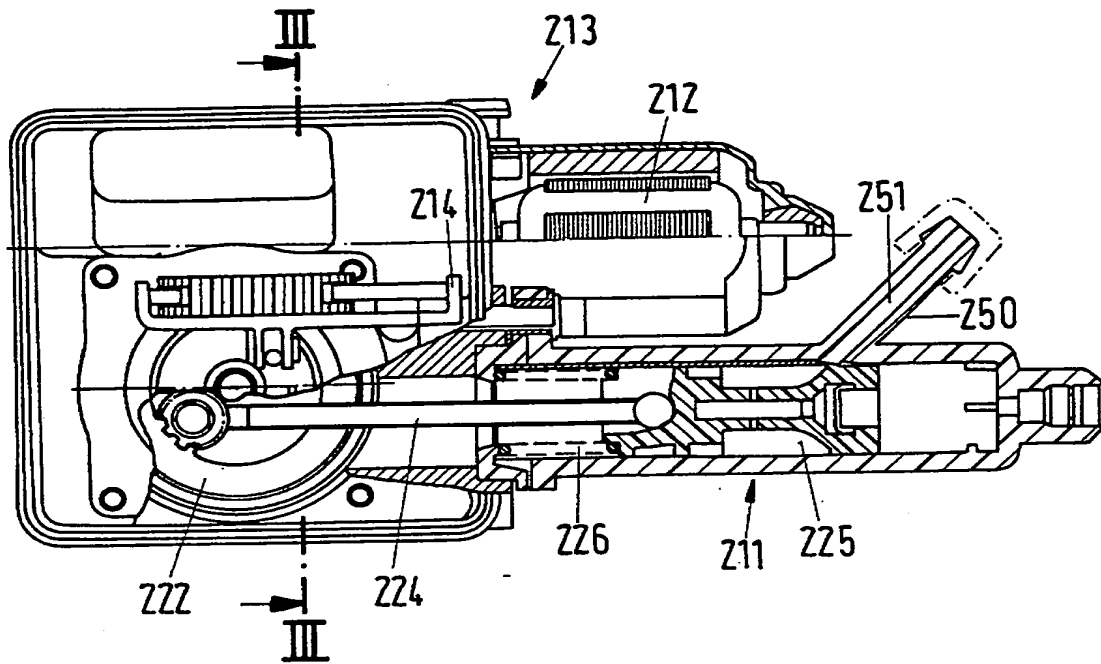


Fig. 11 b

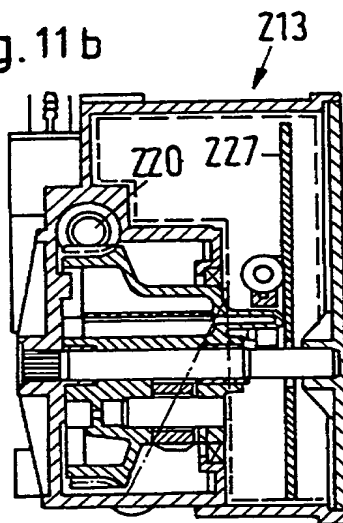


Fig.12b

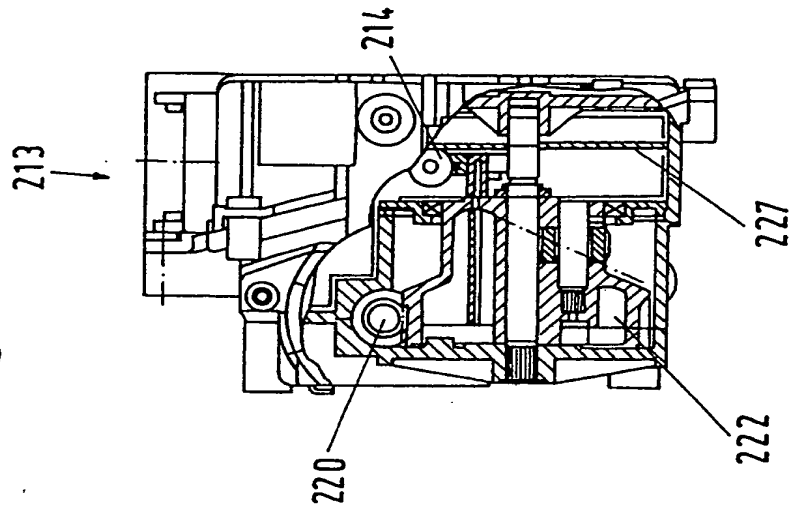


Fig.12a

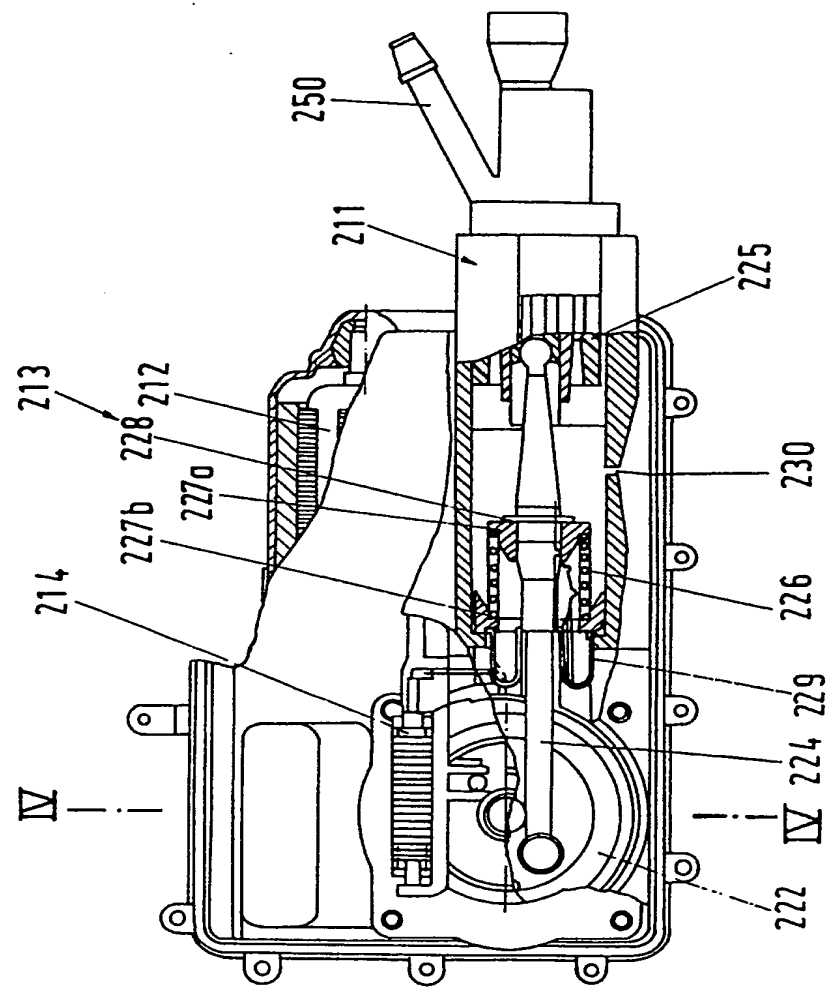


Fig.13

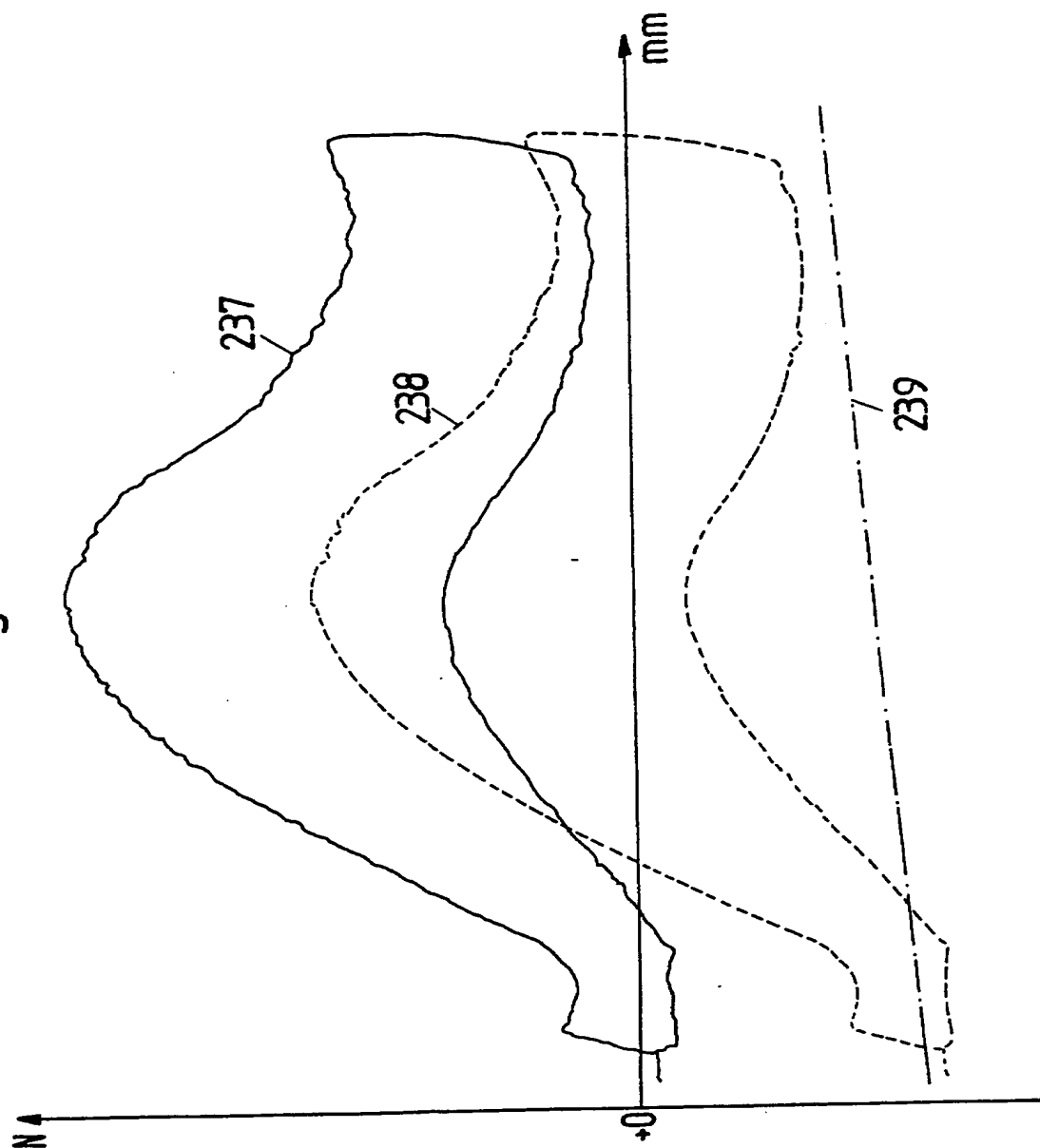


Fig.14

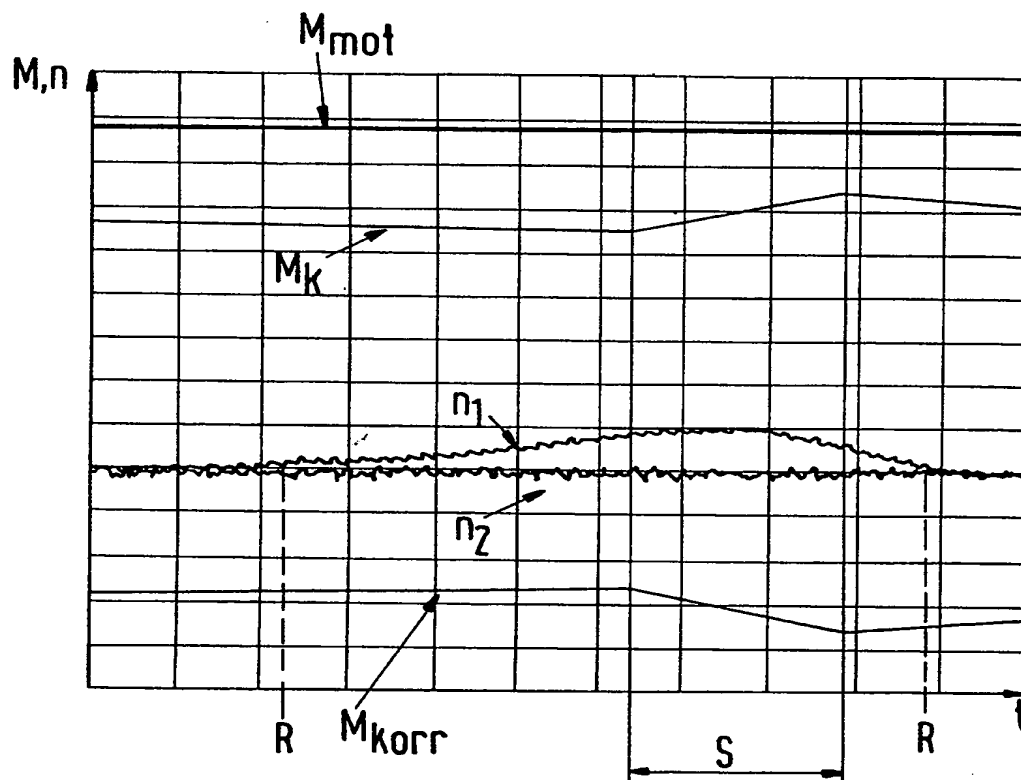


Fig.15

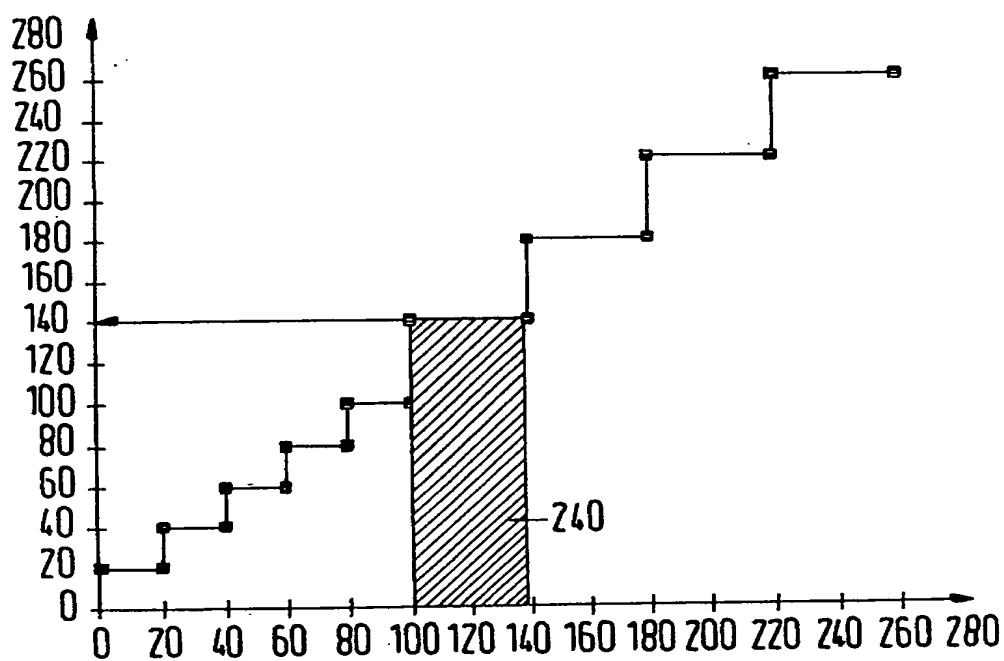




Fig.15a

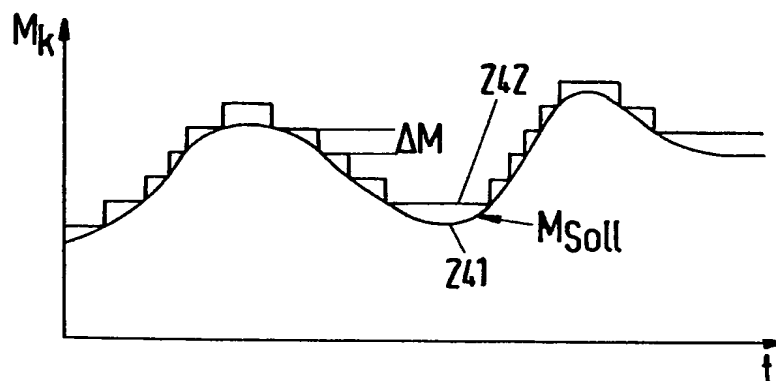


Fig.15b

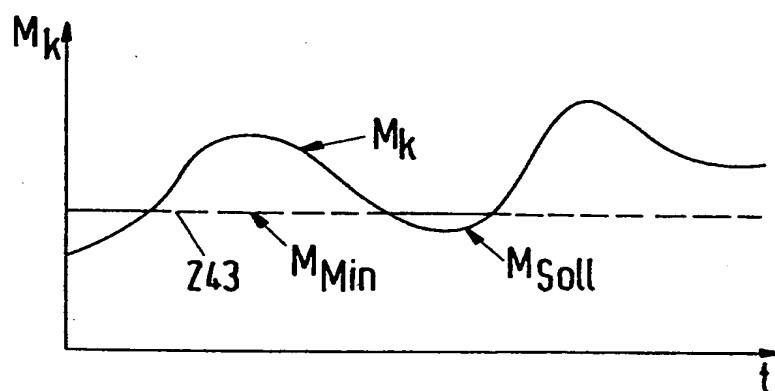


Fig.15c

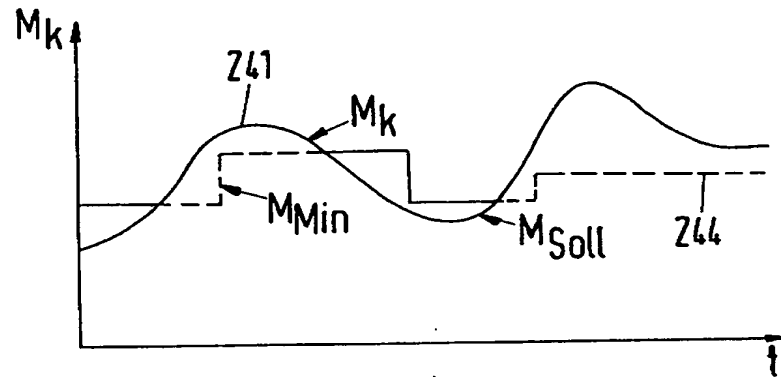


Fig.15d

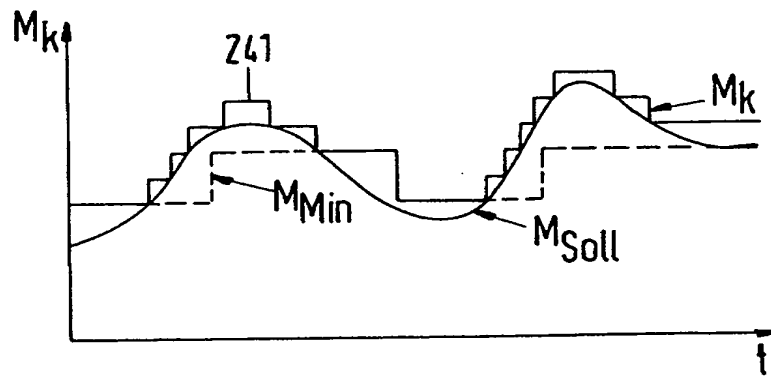


Fig.15e

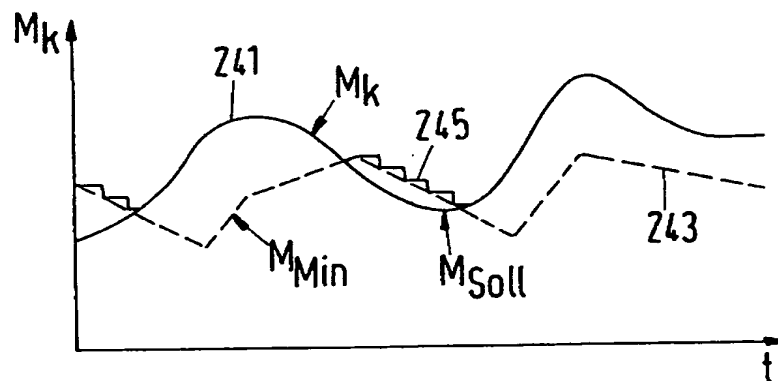


Fig.16

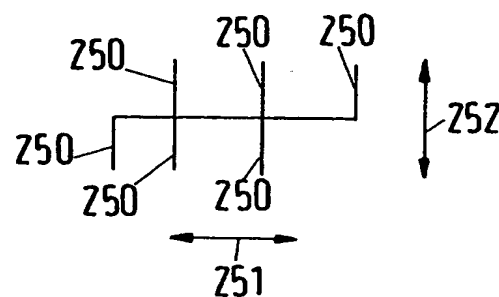


Fig.17

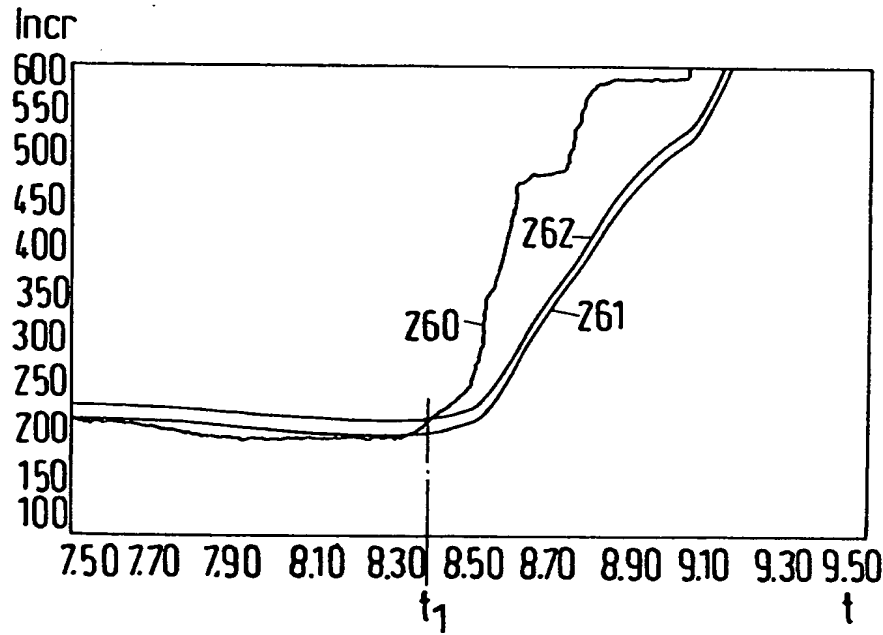


Fig.18

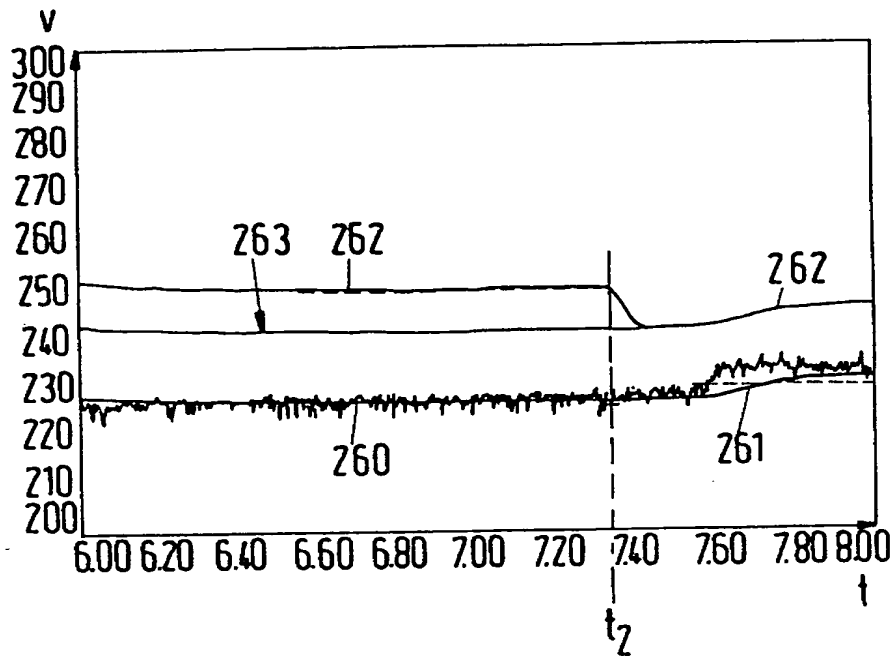


Fig.19

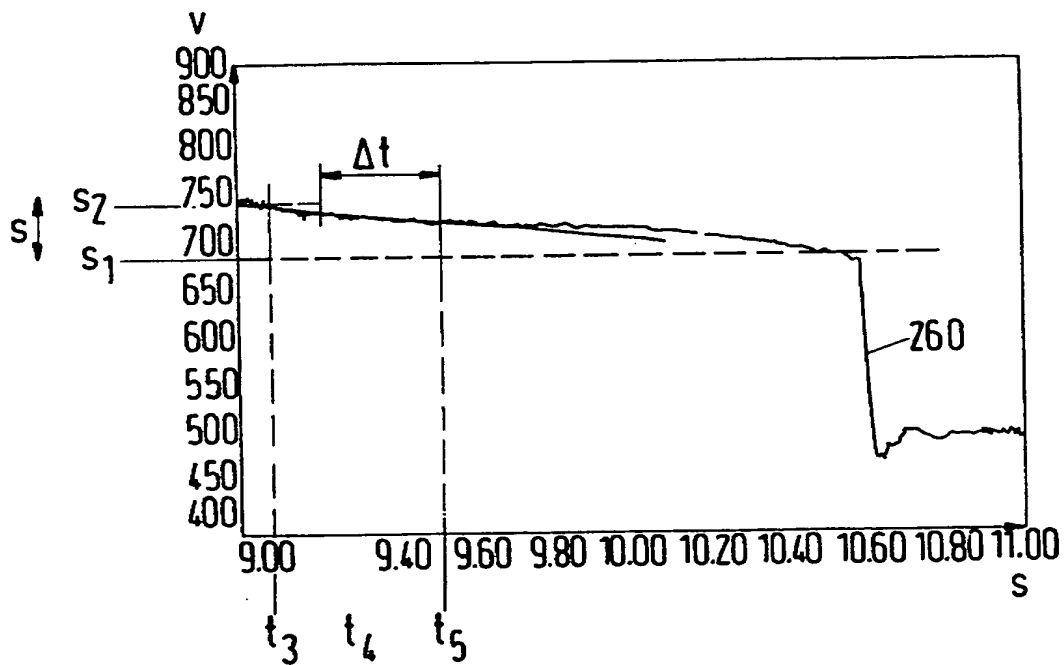


Fig.20

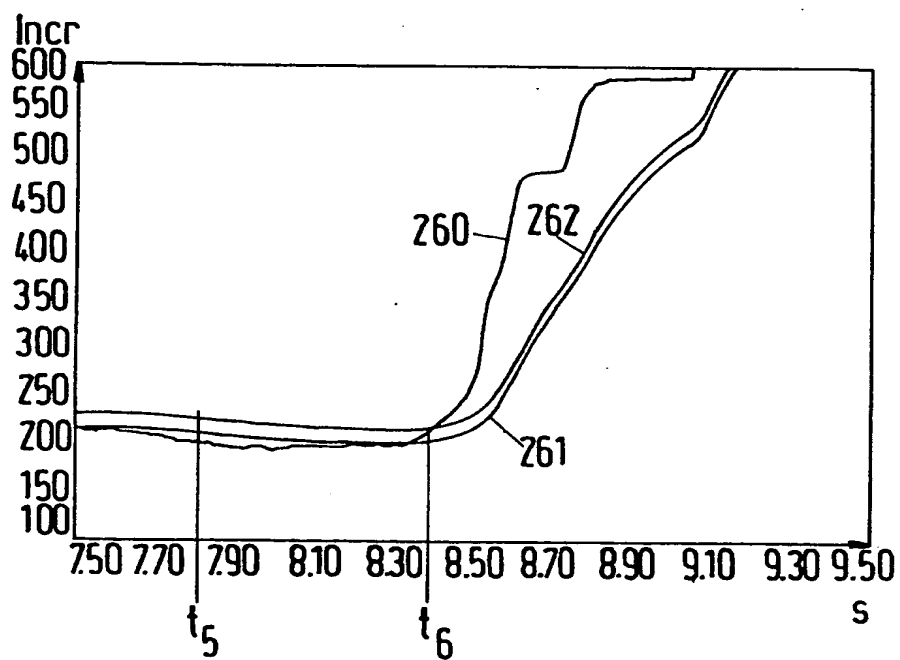




Fig.22

Kupplungskennlinie

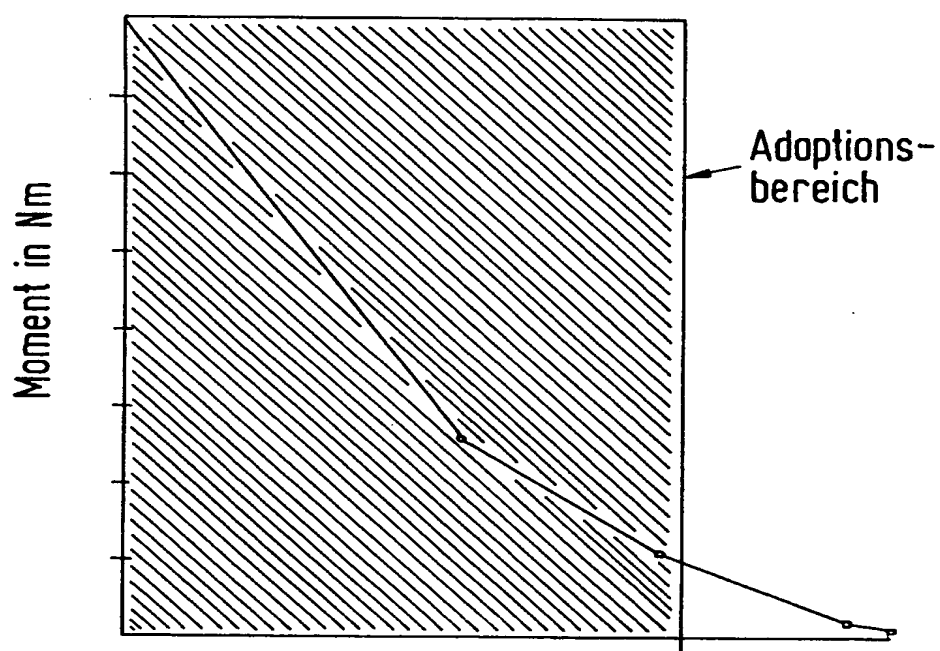


Fig.23

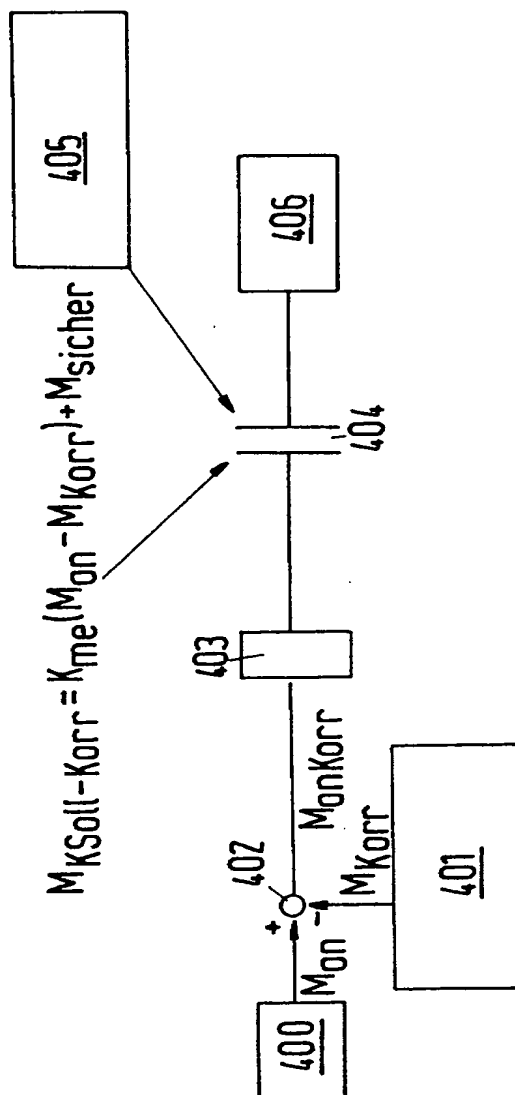




Fig.24

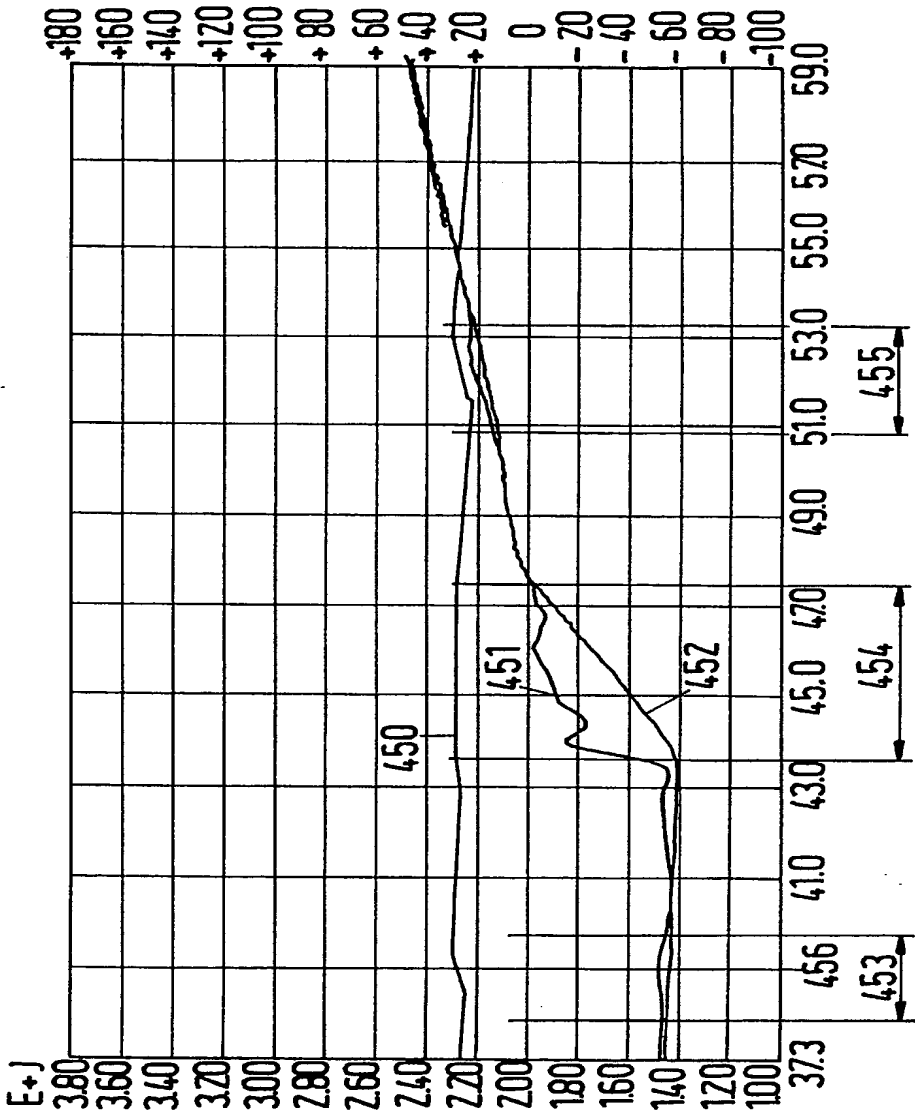


Fig.25

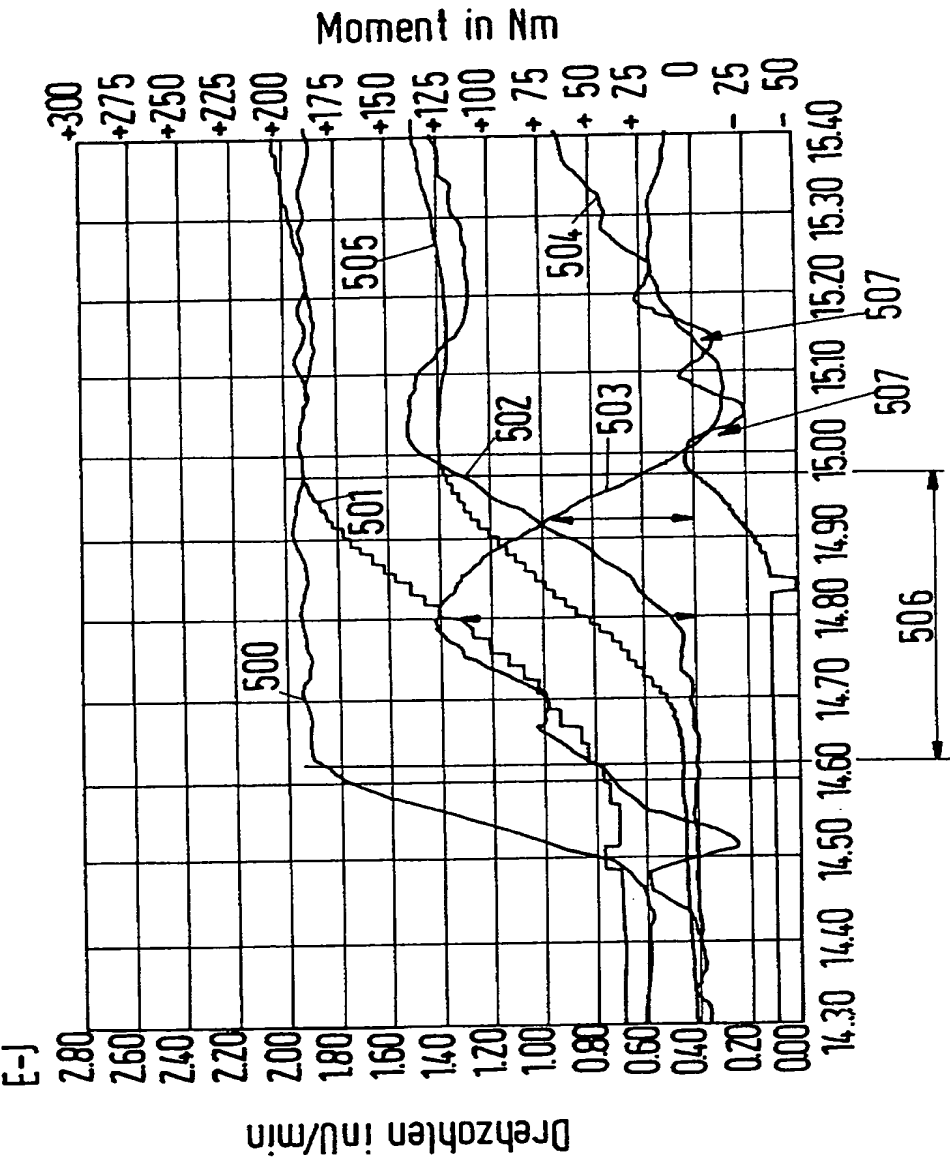


Fig.26

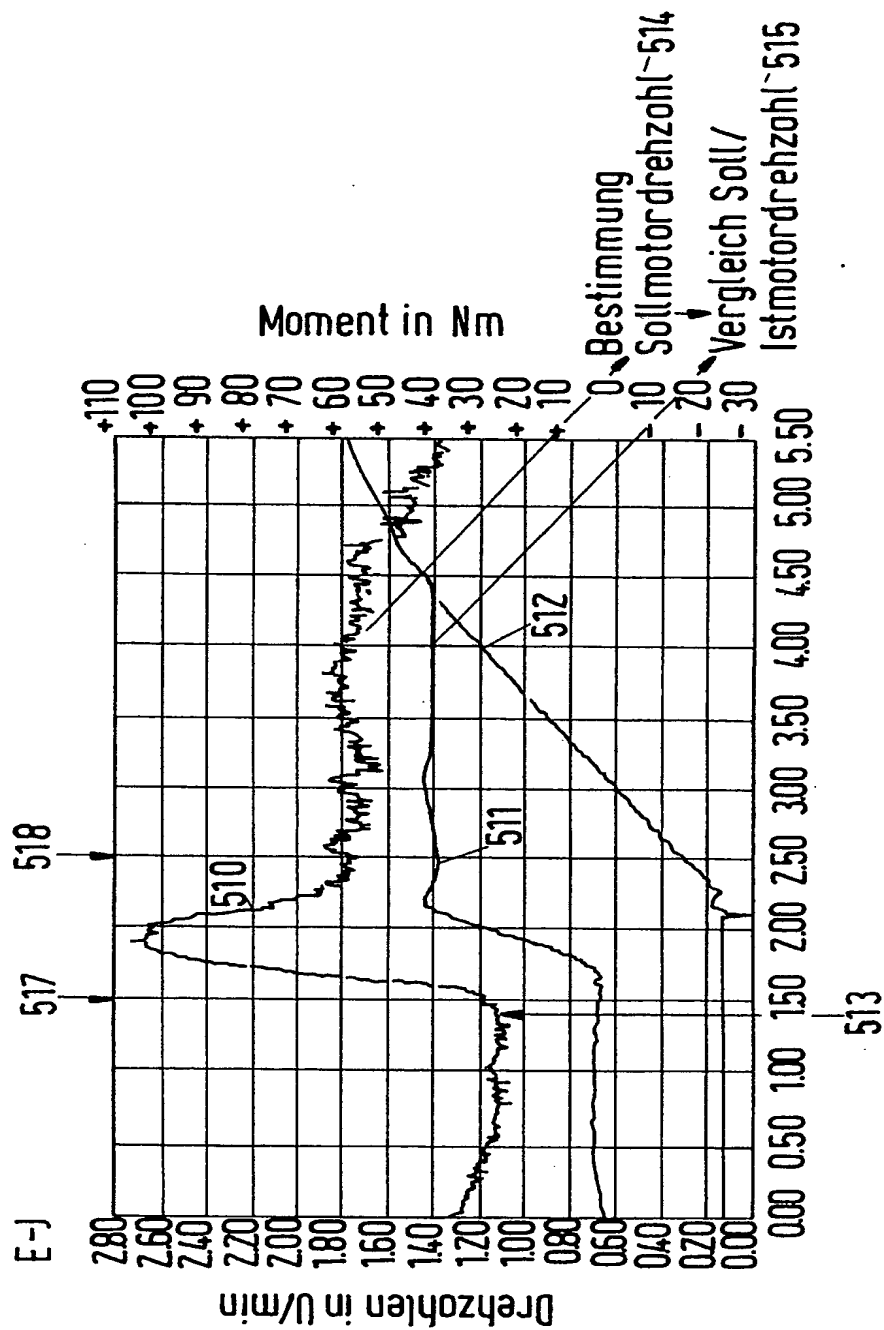


Fig. 27

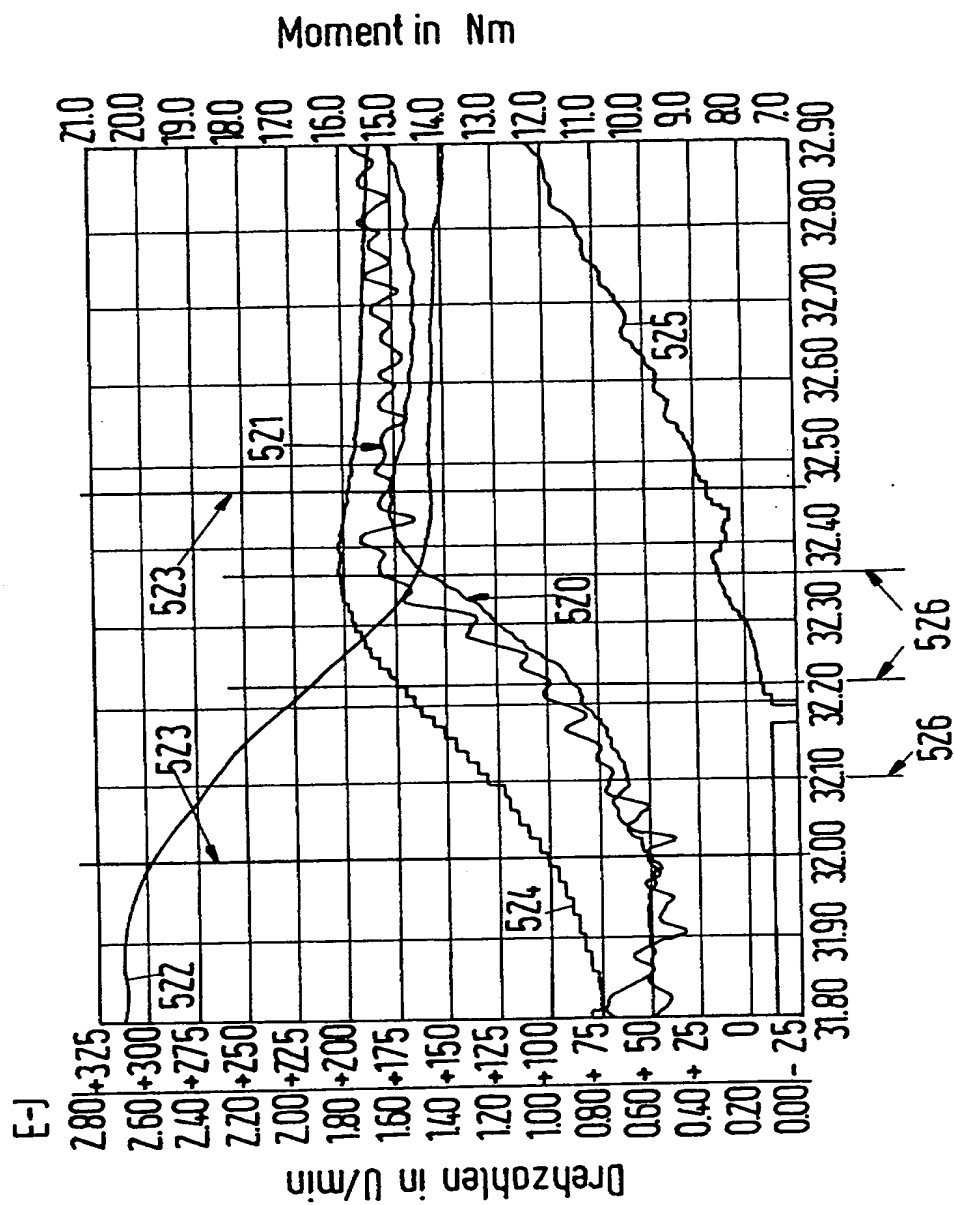


Fig.28

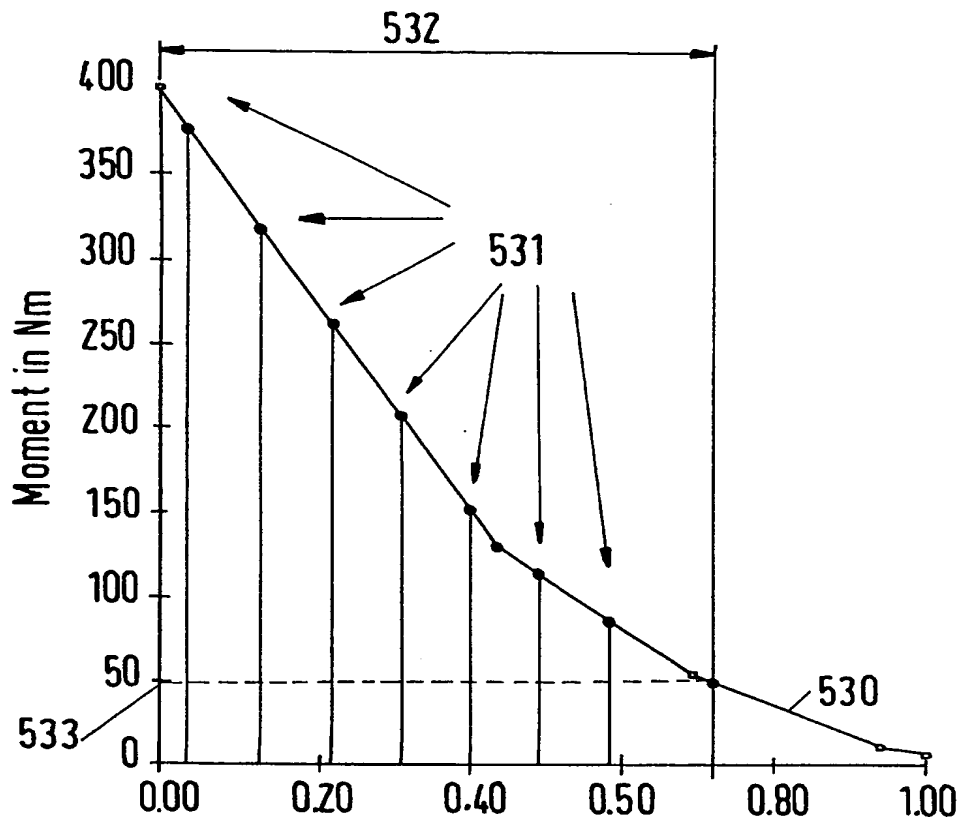


Fig.29b

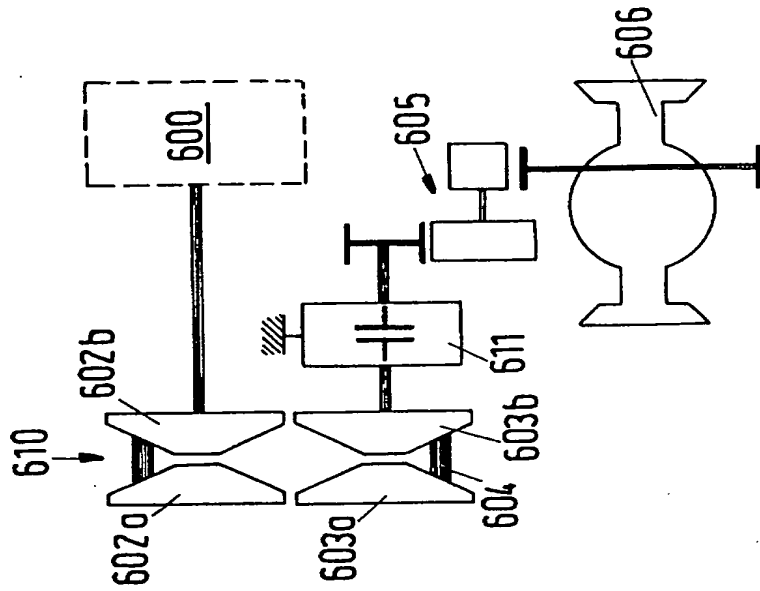


Fig.29a

